

Kutasi Csaba

# A verejtékezés hatása a színes ruházatra

A kánikula térségünkben a nyári időszakban napokon vagy heteken át tartóan magas nappali maximum- és éjszakai minimum-hőmérséklettel járó időszak. A kifejezés latin eredetű, a Nagy Kutya (Canis Maioris) csillagkép és az égbolt legfényesebb csillaga, a Szíriusz latin nevéből (Canicula: kiskutya) származik. Nyelvünkben a kánikula szó először a 16. században fordul elő. Az ilyen időszakban hőháztartásunk beveti a fokozott hőleadást segítő verejtékezést is. A hőség hatása nemcsak egészségügyi és gazdasági szempontból lehet meghatározó, hanem így a színes textiltermékekre is befolyással lehet.

Az emberi szervezet fizikai hőszabályozása vezetési hőleadással (kondukciónal), áramlásos hővesztéssel (konvekciónal), elektromágneses hősugárzással (radiációnal) és párologtatással (evaporációnal) valósul meg. Utóbbi fokozott módja az izzadás, erre akkor kerül sor, ha az általános hőleadási folyamatok már nem biztosítanak hatékony védelmet a túlzott felmelegedés ellen.

A verejtékezéssel járó folyadékvesztés nemcsak a szervezet hőleadásában vesz részt, fontos szerepe van méregtelenítésben és a salakanyagok eltávolításban is. Az izzadás a verejtékmirigyek által továbbított, a bőr felszínére kijutó fehérjementes folyadék. A verejték elválasztása jól elkülöníthető folyamatokban megy végbe. Az első részfolyamatban a vér ozmózisnyomásával megegyező, ún. elsődleges váladék keletkezik, majd a másodikban a mirigyvezeték törekszik az életfontosságú sókat visszanyerni a szervezetnek. Így részlegesen „sómentesített” folyadék kerül a bőrfelületre. Az elektrolitok „visszaszívása” nélkül a szervezet homeosztázisa a sóvesztés miatt összeomlana.

Az izzadmányt két mirigy termeli. Az ekrin verejtékmirigyek a vérplazmából választják ki a savas kémhatású verejtéket, ame-

lyek nyílásai a bőrön mindenütt jelen vannak. Például a tenyéren mintegy 370/cm<sup>2</sup> verejtékmirigy található, a kézfejen 200/cm<sup>2</sup>, a homlokon 175/cm<sup>2</sup>, a mellkason, hason, alkaron 155/cm<sup>2</sup>, a háton és a lábakon 60–80/cm<sup>2</sup>. Az apokrin verejtékmirigyek lúgos kémhatású váladéka csak a test egyes részein képződik (a hónaljterületen és az intim területeken).

Az intenzív testmozgás, erőfeszítés során hirtelen megnő a szervezet energiafelhasználása. A tejsav koncentrációja megnövekszik a szövetekben, miután nagyobb mértékben termelődik lebomlási sebességénél. A túlzottan megnövekedett tejsavkoncentráció csökkentésére viszont szükség van. Ennek érdekében a jó oxigénellátással rendelkező izomrostokban a tejsav piroszőlősavvá oxidálódik, amely majd hasznosul.

## Az izzadás összetétele és hatása, vizsgálata a színes textíliákon

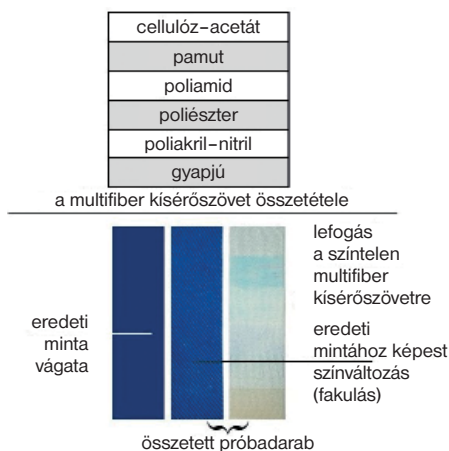
Az izzadás – az emberi testet érő igénybevétel intenzitásától függően eltérő mennyiségben – tartalmaz vizet, laktátot, karbamidot, aminosavat és ásványi anyagokat. Ezeket felül nyomelemek is előfordulnak, pl. cink (0,4 mg/l), réz (0,3–0,8 mg/l), vas (1 mg/l), króm (0,1 mg/l), nikkel (0,05 mg/l) és ólom (0,05 mg/l). Az izzadmányban jelen levő ionok reakcióba léphetnek a színezék és a szálanyag közötti kötésekkel, hatásuk – általában foltos fakulással járó – színezetváltozást, illetve más, érintkező textilanyagokra lefogást (köznyelvben: befogást) idézhet elő (1. ábra).

A színes textilanyagok izzadással 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-monohidráttal (C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>N<sub>3</sub> · HCl · H<sub>2</sub>O), nátrium-kloridot (NaCl) és nátrium-dihidrogén-foszfát-hidráttal (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O) tartalmaznak. A lúgos (nátrium-hidroxiddal pH = 8-ra beállítva) desztillált vízben feloldott 1-hisztidin-monohidroklorid-monohidráttól (C<sub>6</sub>H<sub>9</sub>O<sub>2</sub>N<sub>3</sub> · HCl · H<sub>2</sub>O), nátrium-kloridból (NaCl), dinátrium-hidrogén-foszfát-dodekahidráttól (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 12 H<sub>2</sub>O) és dinátrium-hidrogén-foszfát-dihidráttól (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O) áll (2. ábra).

A tesztelés során a viselendő ruházat anyagának (és egyéb kapcsolatos színes textilterméknek) az emberi verejtékre bekövetkező színváltozását és más textilanyaggal való érintkezésére gyakorolt hatását vizsgálják. Az előzőleg külön-külön megfelelő lúgos és savas kémhatású mesterséges verejtékkoldattal átitatott, majd az összetett (vizsgálandó kelmeminta és a vele szorosan érintkező ún. multifiber szövet) próbadarabot két plexilemez közé szorítva pihentetik 37 °C-on. Célszerű, hogy a vizsgáló laboratórium két készülékkel rendelkezzen, hogy mindig az egyikben a lú-

1. ábra. A távozó verejték főbb összetevőinek alakulása különböző testmozgásoknál

összetevő	4,4 nl/mirigy/perc	összetevő	10,6 nl/mirigy/perc
Na <sup>+</sup>	27	Na <sup>+</sup>	65
K <sup>+</sup>	7,5	K <sup>+</sup>	8,4
Cl <sup>-</sup>	24	Cl <sup>-</sup>	36
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,4	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	16
tejsav	7	tejsav	16



**2. ábra.**  
Az izzadsággal szembeni színtartósság vizsgálata

gos, a másikon a savas minták meghatározását végezze. A színváltozás és lefogás fokozatát [1-től 5-ig a szürke skála alapján (1-es a legrosszabb, 5-ös a kifogástalan)] külön kell megadni a lúgos, ill. savas vizsgálat összetett próbadarabjai alapján.

Pár évtizede megfigyelték, hogy az egyébként jó izzadságállóságú színezékekkel színezett textíliák 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 verejtékkel nedvesített textíliák fényvel szembeni színtartóssága kedvező eredményt mutat. Egyértelműen bizonyított, hogy a külön-külön elvégzett izzadsággal, ill. fényvel szembeni színtartóssági vizsgálat kifogástalan eredménye nem jelent garanciát. Ezért fontos a kombinált – egyidőben izzadság- és fényállóság- – tesztelés, ennek jó eredménye esetén lesz ellenálló a verejtékkel nedvesedett és napfénynek kitért színes ruházat. Ennél a meghatározásnál előzőleg az izzadságállóság vizsgálatnál megismert lúgos, ill. savas kémhatású oldattal telítik és kipréselik az anyagtartóba behelyezett vágatot (textildarabot). A vizsgálati mintát kb. 40 °C-os anyaghőmérsékleten éri megfelelő összetételű és idejű mesterséges fénybesugárzás. A vizsgálat folyamán a – megfelelő szűrőképességű üveghengerekkel határolt – csőszerű „múnapfény” (a Napból érkező és az égbolti sugárzás eredője a 315–800 nm-es hullámsáv) fényforrás körüli pályán körbemozgó és fordulatonként 180°-kal elforduló mintatartóban elhelyezett próbadarab részleges takarásával végzik a meghatározást (az elfordulás a fény- és árnyékhatás váltakozását imitálja).

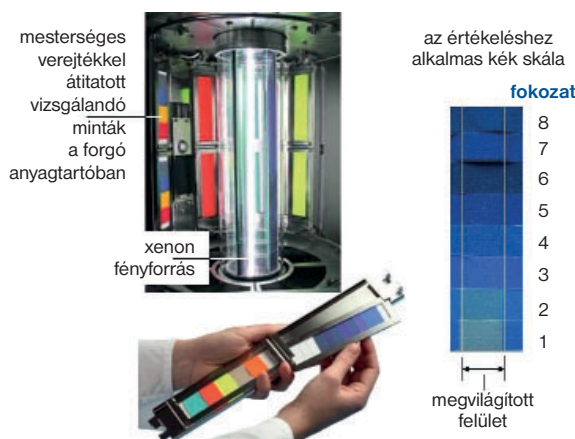
A kedvezőtlen fakulást a nedvesített mintán lévő színezék fény hatására kialakuló, fotokémiai folyamatok miatt bekövetkező ma-

**3. ábra.** A normál finomságú és a mikroszálalapú multifilamentekből készült, azonos szerkezetű szövetek összehasonlítása



radandó szerkezetváltozása idézi elő. A színezetigénynek megfelelő alacsony színezékkoncentráció fényállóságromláshoz vezet, ugyanakkor a több színezéssel színezett mikroszál (1 dtex-nél finomabb szálanyagok, amelyekből 10 000 m 1 g-nál kisebb tömegű) termékek esetében (a jóval nagyobb fajlagos felületet érő besugárzás miatt) is kedvezőtlenebb fényállósággal kell számolni (3. ábra).

A fényvel szembeni színtartósságot 1–8 fokozatig terjedő kék skálával határozzák meg. Az európai kék skála különböző fényállóságú (1-es rossz, 8-as kiváló) színezékekkel színezett vágatokból készül, ezért az egyes fokozatoknál különböző színezetek fordulnak elő. Az amerikai kék skála különböző fényállóságú (L2-es rossz, L9-es kiváló) színezékekkel színezett szálanyagokból, ezek arányos keverésével (fonás, majd szövés) készül, így egységes színezetek jellemzik (4–5. ábra).



**4. ábra.** Izzadságállósággal kombinált fényállóság-vizsgálat



**5. ábra.** Az izzadság és fényállóság együttes vizsgálati hiányának következménye

A fehér termékeken megjelenő sárgás tónusú izzadságfoltok proteáz enzimet tartalmazó mosószerekkel távolíthatók el.

### A színezékek és a kikészítés kiválasztása

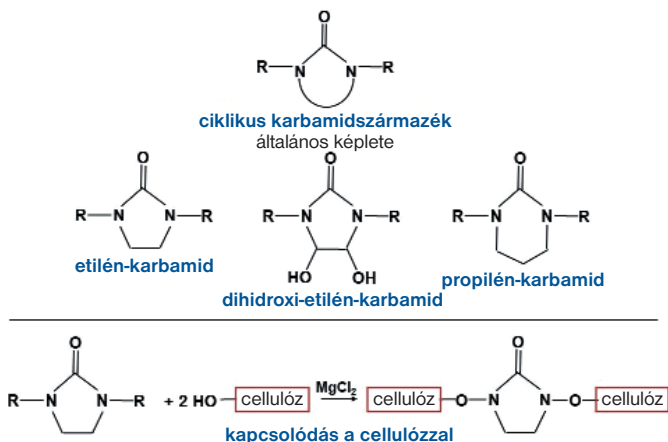
A színezékkiválasztás alapvetően hat a színezés tartósságára. Fő szempont a rendeltetési cél, azaz milyen színtartóssági követelményeknek kell megfelelni a használati igénybevételek során. A gyakorlatban jellemző kombinációk (amikor több színezék egyidejű alkalmazásával alakítható az elvárt színezet) csak akkor járnak kielégítő eredménnyel, ha az alkalmazott egyedekre vonatkozó színezési tulajdonságok egyezősége mellett a színtartóssági képességek is azonosak. Például az izzadsággal, ill. fényvel szembeni ellenálló képesség egységességének hiányakor a színezékek-



## KITEKINTÉS

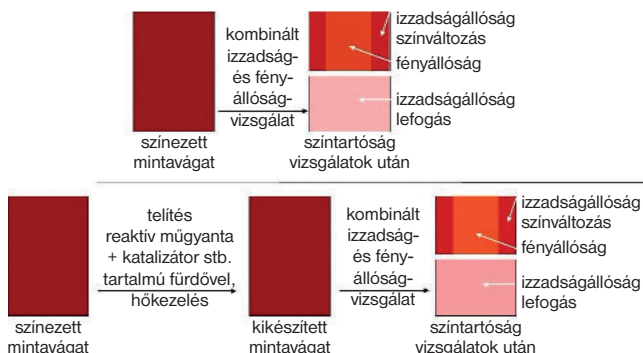
verék erre érzékeny egyede fokozottan elváltozik, emiatt jelentős árnyalatváltozás is bekövetkezik.

Néhány kikészítőszert is negatívan befolyásolhatja az egyes szintartósági tulajdonságokat. A fénnel szembeni szintartóságot ronthatják a különböző műgyantás végkikészítések, főleg direkt és reaktív azoszínezékek esetében, ugyanakkor a csávaszínezékek (kivéve néhány vörös egyedet) alkalmazásakor nem következik be észlelhető fényállóság-csökkenés (6. ábra).



6. ábra. Példák reaktív műgyanta monomerekre

A színváltozás és a fényállóság-csökkenés hatásmechanizmusa a reaktív műgyantás kikészítések esetében még nem kellően ismert. Feltételezhető, hogy az egyes térhálósítók savas hidrolízisük során rontják a fénnel szembeni szintartóságot, ha az N-C kötések könnyebben hidrolizálhatók. Ebben a helyzetben a bomlás következtében visszamaradó NH-csoportot tartalmazó vegyület a felelős a fényállóság romlásért. Egyes – főként direkt színezékeknel alkalmazott – kationos utánkezelő szerek is gyengítik többek között a fénnel szembeni ellenállást. Ezért fontosak a laboratóriumi körülmények között végzett modellkísérletek, ill. az ezeket követő fényállóság-meghatározások is (7. ábra).



7. ábra. Adott reaktív műgyantával végzett kikészítés hatása egyes szintartósági tulajdonságokra

A termékbe bevarrt szalagcímkén előforduló, fogyasztói tájékoztatást nyújtó kezelési jelképek egyike is „árulkodhat”. Amennyiben pl. egy színes pamutpólón az ábra szerinti piktogram (árnyékban szárítandó) szerepel a kezelési jelképsorban, akkor a rendeltetési célra alkalmatlan a termék (8. ábra).

## A bőr montírozása speciális textilszínezékekkel

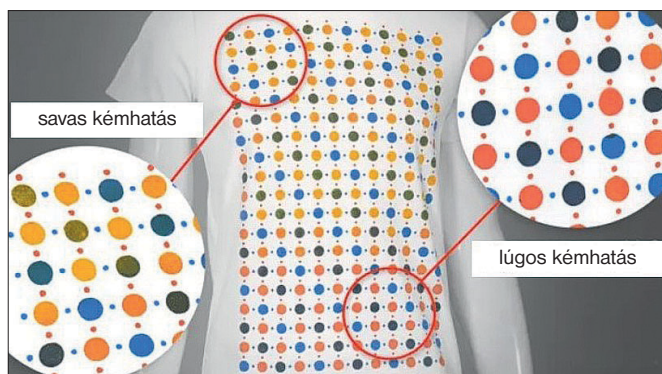
Közismert, hogy a bőr gyengén savas pH-értéke biztosítja a megfelelő klímát és életteret a védőfunkciós mikrobiomnak (a bőr fel-



8. ábra. Árulkodó piktogram a kezelési jelképsorban

színén élő nagyszámú baktérium, vírus, élesztőgomba stb.). Lényeges, hogy a bőrön jelen lévő különböző mikroorganizmusok megfelelő arányban és optimális egyensúlyban legyenek.

A kutatók kifejlesztettek olyan, biológiai anyagokon alapuló színezékeket, amelyek színük megváltoztatásával reagálnak a testből távozó izzadság és más biofolyadékok egyes összetevőinek jelenlétére vagy az ennek következtében a környezetben felszabaduló vegyi anyagokra. A hordható érzékelés lehetőséget ad arra, hogy a ruházat és az egyenruhák segítségével kimutassa és akár mennyiségileg meghatározza a test felszínén található biológiai körülményeket. Így az emberi teljesítmény állapota, az egészség nyomon követhető hordható elektronika nélkül (9. ábra).



9. ábra. Érzékelő póló pH-érzékes színezékekkel mintázva

Az érzékelő ruházatra például kézi filmnyomással vihető fel a pH-érzékes indikátorokat, enzimeket, akár laktát-oxidázt tartalmazó nyomópép (selyemfehérjébe – fibroinba – ágyazott színezék, alginát sűrítő és lágyító). Előbbiek a bőr egészséges vagy kiszáradt állapotát jelzik, utóbbi a ruházatot viselő személy fáradtsági szintjét mutatja. A speciális bioaktív színezékekkel preparált ruházatok a színek megváltoztatásával jelezhetik a baktériumok szennyeződését.

## IRODALOM

- [1] Bálint P, Orvosi élettan. Budapest, Medicina, 1972.
- [2] Rusznák István és szerzőtársai, Textilkémia II. Budapest, Tankönyvkiadó, 1988.
- [3] Péter Ferenc és szerzőtársai, Színezékek kézikönyv. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1968.
- [4] Kutasi Csaba, Szintartósági hiányosságok és megelőzésük, Magyar Textiltechnika, 2015/4.
- [5] <https://www.wearabletechnologyinsights.com/articles/20873/smart-fabrics-from-bioactive-inks>