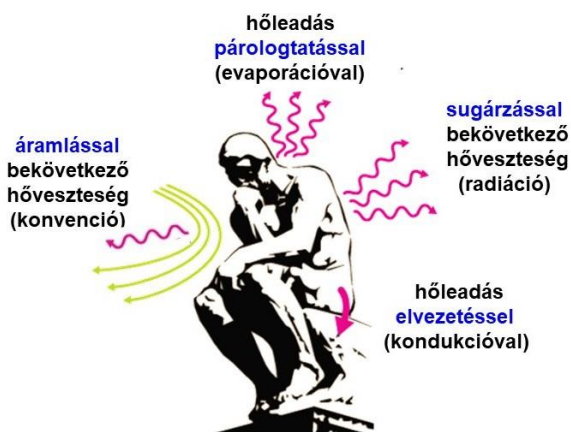


A verejtékezés és hatása a színes ruházatra

Kutasi Csaba

A kánikula térségünkben a nyári időszakban több napon vagy heteken át tartósan magas nappali maximum- és éjszakai minimum-hőmérsékletekkel 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 elvezetési hőleadással (kondukciónal), áramlásos hővesztéssel (konvekciónal), elektromágneses hőkisugárzással (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 (1. ábra).

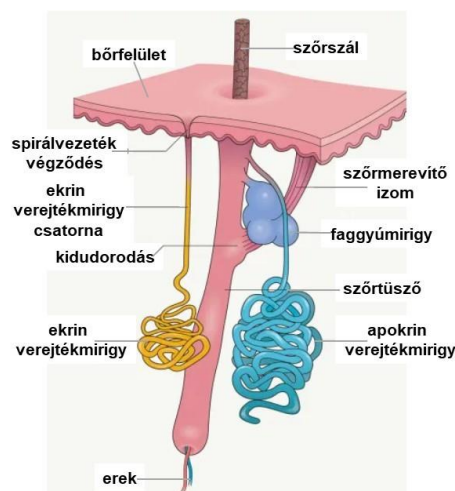


Az emberi szervezet fizikai hőszabályozása

1. ábra

A verejtékezéssel járó folyadékvesztés nemcsak a szervezet hőleadásában vesz részt, fontos szerepe van a méregtelenítésben és a salakanyagok eltávolításban is. Az izzadság a verejtékmirigyek által továbbított, a bőr felszínére kijutó hipotónikus (két, féligáteresztő membránnal elválasztott oldat egymáshoz viszonyított ozmotikus nyomásából számított értékű), 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 a részlegesen „sómentesített” folyadék kerül a bőrfelületre. Az elektrolitok mintegy visszaszívása nélkül a szervezet dinamikus állandósága (homeosztázisa) a sóvesztés miatt összeomlana.

Az izzadmányt két mirigy termeli. Az ekrin verejtékmirigyek a vérplazmából választják ki a savas kémhatású verejtéket, amelyek nyílásai bőrön mindenütt jelen vannak. Pl. a tenyéren mintegy 370 verejtékmirigy található cm²-ként, a kézfejen 200/cm², a homlokon 175/cm², a mellkason, hason, alkaron 155/cm²; a háton és a lábakon pedig 60–80/cm². Az apokrin verejtékmirigyek lúgos



A különböző verejtékmirigyek a bőr metszetében

2. ábra

kémhatású váladéka csak a test egyes részein képződik (a hónaljterületeken és az intim területeken) (2. ábra).

Intenzív testmozgás, erőfeszítés során hirtelen megnő a szervezet energiafelhasználása. Ezért a tejsav koncentrációja megnövekszik a szövetekben, miután nagyobb mértékben termelődik lebomlási sebességénél. Ez egyúttal lényeges folyamat, mert így a NAD[±] (nikotinamid-adenin-dinukleotid, az élő sejtekben megtalálható egyik lényeges biokémiai kofaktor, amely az enzim hatásának kifejtését segíti) hatásossága nem csökken, az energiabefektetés fenntartható. A túlzottan megnövekedett tejsavkoncentráció csökkentésére viszont szükség van. Ennek érdekében a jó oxigénellátással rendelkező izomrostokban a tejsav piroszölősavvá (köztes termék a szervezetben, a szénhidrátok anaerob és aerob lebontása és a fehérjék metabolizmusa során) oxidálódik, amely majd hasznosul. Az egyik ilyen élettani folyamat a citromsavciklus (más néven Szent-Györgyi-Krebs-ciklus, amely felfedezőiről, Szent-Györgyi Albertről és Hans Adolf Krebsről kapta a nevét), ami alapvető fontosságú anyagcsere folyamat olyan élő sejtekben, amelyek oxigént használnak a sejtlegzés során. A másik ilyen a Cori-ciklus (Carl Ferdinand Cori és Gerty Theresa Cori fedezték fel), aminek során a laktát (tejsav sója) a májban glükózzá alakul.

Az izzadság összetétele és hatása, vizsgálata a színes textíliákon

Az izzadság – az emberi testet érő igénybevétel intenzitásától függően eltérő mennyiségben – tartalmaz vizet, laktátot (a tejsav sója), karbamidot, aminosavat és ásványi anyagokat (a 3. ábrán „nl”: nanoliter, ami 10⁻⁹ liter, azaz a ml milliommód része). Ezekon felül nyomelemek is előfordulnak, pl. cink (0,4 milligramm/liter), 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 – színezet-

	
közepes intenzitás	fokozott intenzitás
összetevő 4,4 nl/mirigy/perc	összetevő 10,6 nl/mirigy/perc
Na ⁺ 27	Na ⁺ 65
K ⁺ 7,5	K ⁺ 8,4
Cl ⁻ 24	Cl ⁻ 36
HCO ₃ ⁻ 0,4	HCO ₃ ⁻ 16
tejsav 7	tejsav 16

A távozó verejték főbb összetevőinek alakulása különböző testmozgásoknál

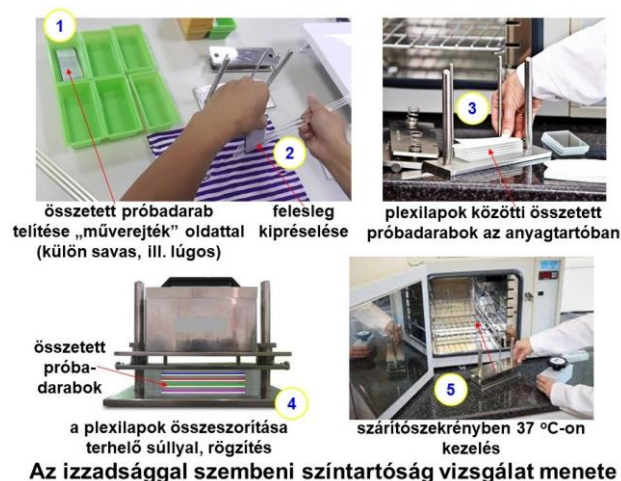
3. ábra

változást, ill. más vele érintkező textilanyagra lefogást idézhet elő (3. ábra).

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 oldat (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 oldat (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 ($Na_2HPO_4 \cdot 12 \cdot H_2O$) és dinátrium-hidrogén-foszfát dihidrátból ($Na_2HPO_4 \cdot 2 \cdot H_2O$) 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 (4., 5. ábra).

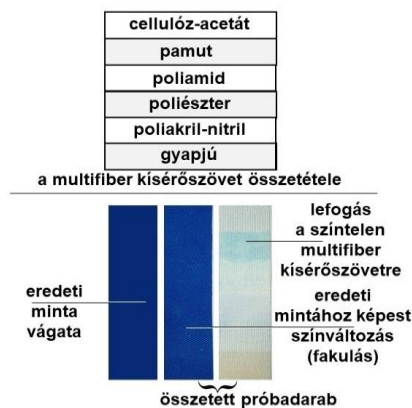
A tesztelés során a viselendő ruházat anyagának (és egyéb kapcsolatos színes textiltermékeknek) az emberi verejtékre bekövetkező színváltozását és más textilanyaggal való érintkezésére gyakorolt hatását vizsgálják. Az előzőleg külön-külön megfelelő lúgos és savas kémhatású mesterséges verejtékoldattal átitatott, majd összetett (vizsgálendő 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 az egyiken mindig a lúgos, a másikon a savas minták meghatározását végezze. A színváltozás és lefogás fokozatát 1–5-ig a szűrkeskála 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 textiliák 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 verejtékekkel nedvesített textiliák fényrel szembeni színtartóssága kedvező eredményt mutat. Egyértelműen bizonyított, hogy a külön-külön elvégzett izzadsággal-, ill. fényrel 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 verejtékekkel át-nedvesedett és napfénynek kitett színes ruházat. Ennél



Az izzadsággal szembeni színtartósság vizsgálat menete

4. ábra

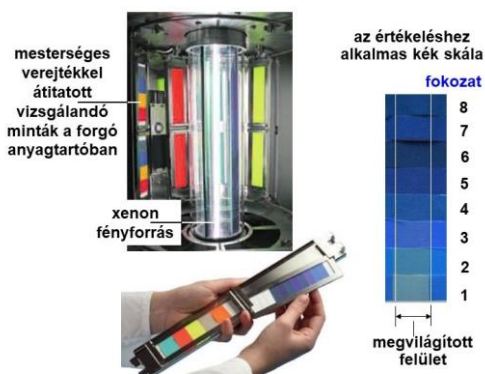


Az izzadsággal szembeni színtartósság vizsgálat vágatai

5. ábra

a meghatározásnál előzőleg az izzadságállósági vizsgálatnál megismert lúgos ill. savas kémhatású oldattal telítik és kipróbálják az anyagtartóba behelyezett vágatot. A vizsgálati mintát kb. 40 °C-os anyaghőmérsékleten éri megfelelő összetételű és idejű mesterséges fénybesugárzás. A vizsgálat folyamán a – megfelelő szűrőképességű üveghengerekkel határolt – csőszzerű „műnapfény” fényforrás (a Napból érkező és az égbolti sugárzás eredője a 315–800 nm-es hullámsáv) 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 maradandó szerkezetváltozása idézi elő. A színezetigénynek megfelelő alacsony színezékkoncentráció a fényállóság romlásához vezet, ugyanakkor a több színezékekkel színezett mikroszálas (1 dtex-nél finomabb szálasanyagok, amelyekből 10 000 m 1 g-nál kisebb tömegű) termékek esetében (a jóval nagyobb fajlagos felületet érő besugárzás miatt) is kedvezőtlenebb fényállósággal kell számolni. A fényrel szembeni színtartósságot 1–8 fokozatig terjedő kékskálával határozzák meg. Az európai kékskála különböző fényállóságú (1-es rossz, 8-as kiváló) színezékekkel színezett vágatokból készül, ezért az egyes fokozatoknál különböző színezetek fordulnak elő. Az amerikai kékskála különböző fényállóságú (L2-es rossz, L9-es kiváló) színezékekkel színezett szálasanyagokból, ezek arányos keverésével (fonás, majd szövés) készülnek, így egységes színezetek jellemzik (6., 7. ábra).



Izzadságállósággal kombinált fényállóság vizsgálat

6. ábra



7. ábra

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

Színezék- és kikészítés-oldalról néhány használati szintartóság

A színezékválasztás alapvetően hat a színezés tartóságára. Fő szempont a rendeltetési cél, azaz milyen szintartósági 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 szintartósági képességek is azonosak. Pl. az izzadsággal ill. fényel szembeni ellenállóképesség egységességének hiányakor a színezékkeverék erre érzékeny egyede fokozottan elváltozik, emiatt jelentős árnyalatváltozás is bekövetkezik.

Néhány kikészítőszer is negatívan befolyásolhatja az egyes szintartósági tulajdonságokat. A fényel 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. A színváltozás és a fényállóság-csökkenés hatásmechanizmusa a reaktív-műgyantás kikészítések esetében még nem kellően ismert. Feltételezhető, hogy az egyes térhálósító szerek savas hidrolízisük során rontják a fényel szembeni szintartóságot, ha az N-C kötések könnyebben hidrolizálhatók. Ebben a helyzetben a bomlás következtében visszamaradó NH-csoport tartalmú vegyület a felelős a fényállóság romlásért. Egyes – főként direkt színezékeknek alkalmazott – kationos utánkezelő szerek is gyengítik többek között a fényel szembeni ellenállást. Ezért fontosak a laboratóriumi körülmények között végzett modellkísérletek, ill. az ezeket követő fényállóság meghatározások is (8. ábra).



Adott reaktív-műgyantával végzett kikészítés hatása egyes szintartósági tulajdonságokra

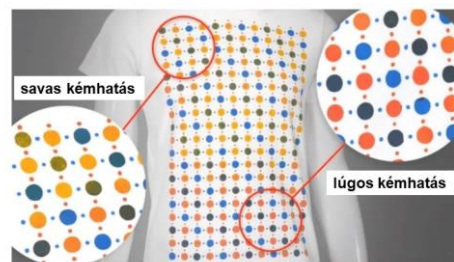
8. ábra

A bőr montírozása speciális textilszínezékekkel

Közismert, hogy a bőr gyengén savas pH-értéke biztosítja a megfelelő klímát és életteret a védőfunkciós mikroorganizmusoknak (a bőr felszínén élő nagyszámú baktérium, vírus, élesztőgomba stb.). Lényeges, hogy a bőrön jelenlévő különböző mikroorganizmusok megfelelő arányban és optimális egyensúlyban legyenek.

Kutatók kifejlesztettek 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).

Az érzékelő ruházatra pl. kézi filmmnyomással vihető fel a pH-érzékeny indikátorokat, enzimeket, akár laktát-oxidáz tartalmú nyomópép (selyemfehérjébe – fibroinba –



Érzékelő póló pH-érzékeny színezékekkel mintázva

9. ábra

ágyazott színezék, alginát sűrítő és lágyító). Előbbiek a bőr egészséges vagy kiszáradt állapotát jelzik, utóbbi a ruházatot viselő személy fáradtsági szintjét mutatja. Speciális bioaktív színezékekkel preparált ruházatok a színek megváltoztatásával jelezhetik a baktériumok szennyeződését.

Források

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