



Kutasi Csaba

Textiltermékek penészesedése, védekezés a károsító gombákkal szemben

A levegőben mindenütt jelen levő penészgombák többek között a textil- és bőrtermékeket is képesek károsítani, ami elszaporodásuk esetén az anyagdarabok durva szilárdságcsökkenéséhez, mállekonyasághoz vezet. A textilyártók penészesedés ellen védő hatóanyagokat tudnak felvinni a kelmealapanyagokra, akár késztermékekre. Ennek hiányában a hajóúton konténerekben érkező áruknál már a szállítás során bekövetkezhet a fertőzőittség, és a nem megfelelő raktározási feltételek során is fennáll a károsodási veszély. A különböző textiltípusok nem megfelelő használata, gondozása és tárolása is táptalajt jelenthet a penészgombáknak. A védőképesség kialakítható a textiltípuson egyes vegyi anyagok háztartási bevetésével is, preventív jelleggel.

A különböző textiltermékek gyártói elláthatják a kelmealapanyagokat olyan hatóanyagú vegyületekkel, amelyek a penészgombák megtelepedését, szaporodását gátolják. Az ún. *bio-cid* szerek (amelyek a kártevőket elpusztítják, elriasztják vagy károsításukat más módon ellehetetlenítik) felvihetők a textilkészítés végén, és kémiai szerkezetüktől függően a mosásállók vagy ennek hiányában a szállítás és a raktározás során nyújtanak védelmet. A penész elleni tartós védőképesség elérésére már olyan korszerű technológiák – például *plazmakezelés*es hatóanyag-implantálás – is rendelkezésre állnak, amelyek nemcsak méteráru-készültségi szinten, hanem késztermékké konfekcionált állapotban is használhatók.

Ha a termék előállításakor nem került sor penész elleni védelemre, akkor a *tengerentúli beszállítóktól* származó cikkek esetében gyakori az új ruhák, bőrtermékek stb. károsodása. A hajóúton a környezeti körülmények napszakonként váltakoznak a meleg és hideg között. A napközbeni magas hőmérséklet esetén a konténer belsejében lévő levegő sok vízpárát vesz fel a tengeri légkörből. Az éjjeli lehűlés következtében ez a pára lecsapódik a termékek felületén. A hosszú szállítási idő több hetet is kitehet, a meleg párás és a hűvösebb körülmények közötti váltakozás és a fény hiánya ideális környezetet biztosít a penészesedés számára. Az új termékek a célállomáson is penészedhetnek, ha nedves terű raktárakban, nedvszívó kartondobozokban történik a tárolás. A textil- és bőrtermékek anyagai nem csak könnyen felszívják és megtartják a nedvességet, hanem optimális környezetet is jelentenek a penészgombák szaporodásához, elterjedéséhez.

A textiltermékek használata, gondozása és tárolása során is kerülni kell a penészgombák életterét biztosító és fenntartó körülményeket. Számos védekezési módszer is rendelkezésre áll preventív jelleggel. A szárított *szilikagéllal*, a penészgombákra pusztító gőzöket kibocsátó és életterüket tönkre tevő, illetve egyéb alkalmas vegyületekkel is megelőzhető a kártevők hatása. A kialakult penészfoltok eltávolítására egyes kémiai *fehérítőszerek* használhatók – figyelembe véve, hogy a károsodott textiltermékbe bevarrt szalagcímkén milyen háromszög piktogram szerepel.

Penészgombák

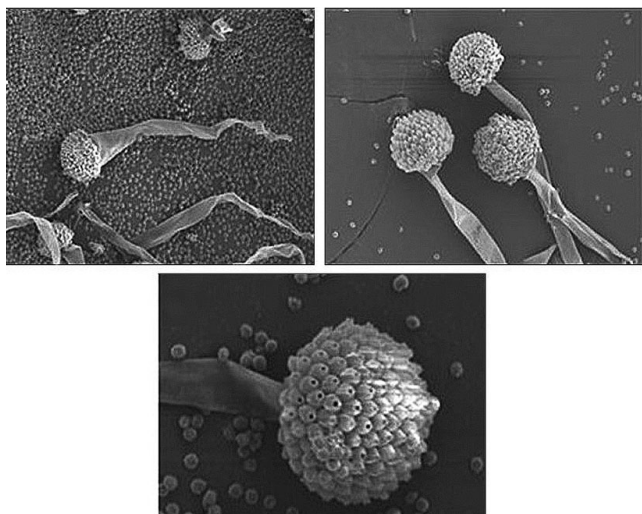
A sok ezer fajból álló penészgombák a soksejtű gombák közé tartoznak. A különböző – főleg szerves anyagú – felületeken változatos színű bevonatot hoznak létre. Bolyhos megjelenésüket a nagy számban termelt spóratartók okozzák. Életük folyamán *lebontják* a közvetlen környezetükben levő *szerves anyagokat*. A penészgombák és spóráik mindenütt jelen vannak, a házpor egy részének alkotói. Egyes penésztípusok károsak az egészségre, nagy tömegben képződő spóráikkal allergiás légzőszervi tüneteket idézhetnek elő, toxinjaik a test belső részeiben is felhalmozódnak (főleg immungyengült egyéneknél) (**1. ábra**).



1. ábra. Táptalajon fejlődött penészgombák

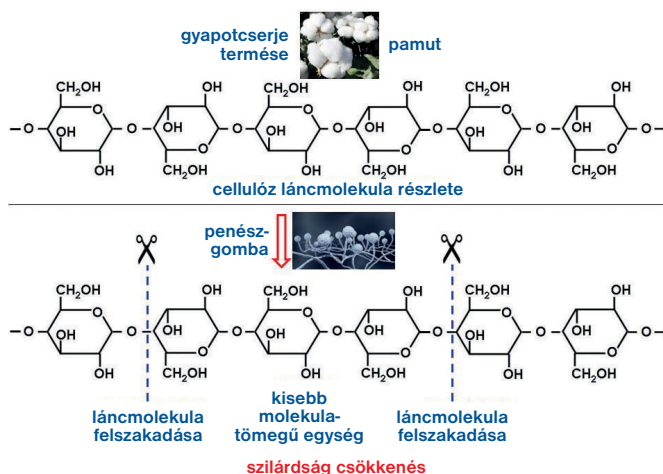
A penészgombák egysejtű vastagságú – 5–10 mikrométeres – elágazó fonalak (hifák) tömegéből (micélium) épülnek fel, amelyek vattaszerű szöveteket képeznek. A gombafonalak belsejében válaszfalak (szeptumok) különíthetők el az egyes sejteket. A tápanyagforrásokba belenövő fonalaik *bontóenzimeket* termelnek (**2. ábra**).

Ezek például a cellulóz-, lignin- és keményítő-láncmolekulákat vegyileg kisebb egységekre tördelik, az így keletkező egyszerű szénhidrátokat (pl. cukrok, több monoszacharidból álló oligo-



2. ábra. Egy penészgombafaj elektronmikroszkópos képei

szacharidok) a gomba felveszi. A penészgombák a szerves anyagok bomlástermékeiből táplálkoznak, ezt *szaprofita* életmódnak nevezik. Növekedésükhöz nedves és sötét környezet szükséges, hőmérsékletigényük változó (pl. vannak hidegtűrők vagy forró környezetet igénylők) (3. ábra).



3. ábra. A cellulóz lebomlása penészgombák hatására

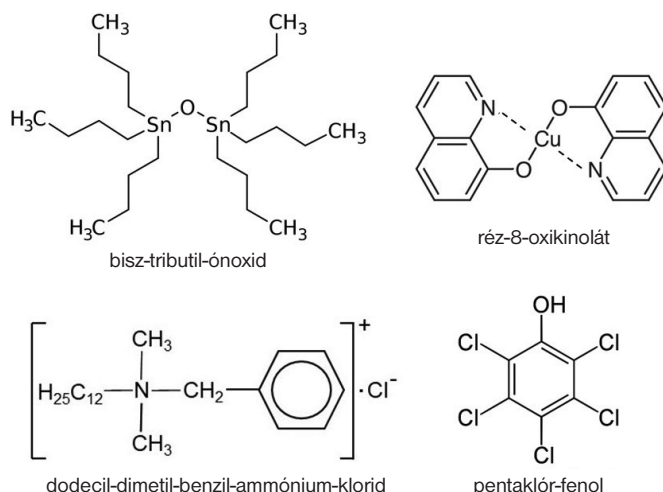
A gombák szaporodhatnak a gombafonalak feldarabolódásával vagy – ivarosán vagy ivartalanul – spórákkal (nagy részük csak ivartalanul sokszorozódik). A spórák rendkívül ellenállóak, az extrém hőmérsékleteket, a kémiai hatásokat is döntően bírják. Több fajnál fekete színűek, ezzel védik a bennük lévő DNS-t az UV-sugárzástól.

Penészvédelem a textilgyártók részéről

A légköri viszonyok (a magas páratartalom és hőmérséklet), az izzadmányanyagok, a nehezen elkerülhető szerves anyagok okozta szennyeződések mind tápanyagként szolgálnak a különböző gombák számára, terjedésüket fokozva. A textiltermékek *tartós antimikrobiális* képességének elérésével régóta kísérleteztek, ugyanakkor általában a patogén baktériumokra, vírusokra és esetenként gombákra (főleg *Candida*) fókuszáltak, azonban korábban a penészgombák elleni védekezés egy ideig nem került a figyelem középpontjába.

Az – már hagyományosnak mondható – technológiák közül az ún. *passzív mikrobiellenes* kikészítések a természetes eredetű szálanyagoknál biztosítják a részben hatásos védelmet. Ezek a keményítővel appretált, cellulóزالapú szálanyagokból gyártott termékek esetében fontosak (a penészgombák miatti érzékenység fokozódik, ha keményítővel végezték a végkikészítést). Az *aktív védelem* a mikroorganizmusok fejlődését akadályozza.

A mikroba elleni védelem többek között különböző fenolszármazékokkal, réz- és ónvegyületekkel, kvaterner ammóniumvegyületekkel érhető el. A víztaszító kikészítések is fokozzák a védelmet (pl. természetes szálból készült ponyvák stb.), a mosásálló hatás cirkónium- és krómsós kezeléssel növelhető. A cellulóz kémiai módosításával (acetilezés, ciánacetilezés) egyértelműen elérhető, hogy a mikroorganizmusok nem támadják meg a szálanyagot (4. ábra).



4. ábra. Példák antimikrobiális hatású vegyületekre

A biocid vegyületek négy csoportjának alkalmazása ismert, így *oxidálószer*ek (pl. klór vagy peroxidok, amelyek a mikrobiális sejt szerves anyagával lépnek reakcióba), *elektrofil* biocidek (ezüstöt vagy rezet tartalmazó szervesetlen vegyületek), szerves elektrofilek (pl. formaldehid, ami inaktiválja az enzimeket), valamint *speciális biocidek* (ezek destabilizálják a sejtmembránt, pl. aminok, fenolok és alkoholok, amelyek gyors sejtlízist okoznak), továbbá *protonoforok* (egyes gyenge savak, megzavarják a sejt belsejében az anyagcserét) lehetnek. A textílfelületen kialakuló tartós biocid kötés esetében a mikroorganizmusnak meg kell közelítenie a kezelt felületet, majd ezzel közvetlen érintkezésbe kell kerülnie. A biocid vegyület környezetbe történő szabályozott kibocsátása már a textílfelület környezetében megzavarja a mikroorganizmust (az antimikrobiális felületaktivitás csökkentése miatt azonban nem mindig előnyös).

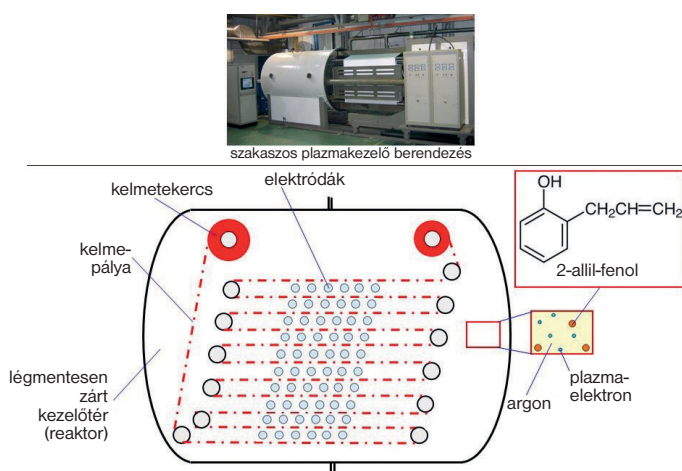
Az antimikrobiális hatást biztosító *plazmakezelő eljárások* kedvező lehetőségeket kínálnak. Alapvetően három különböző módon alkalmazzák őket, ilyen a plazmaaktivált ojtásos kopolimerizáció, a felületi plazmafunkcionalizálás és a vékonyfilm-leválasztás a plazmatérben.

Egyes kutatások szerint a hidegplazma-technológia a felületek módosításában előnyösen alkalmazható, többek között a penészedésgátló textil *nanobevonatok* kialakítása terén. Magashegyi ruházati cikkek és hálózások gyártásában használt szöveten, illetve modellhordozóként PET-fólián próbáltak gombaellenes (fungicid) nanobevonatot így előállítani. Ehhez biocid molekulák rögzítését, valamint biocid prekursor plazmapolimerizálását, bio-



cid prekursor ojtásos plazmaaktivált és vékony filmes mátrixlerakású plazmaaktivált *kopolimerizációját* végezték a kísérletek során. A prekursor molekulának kémiai két egységből kell állnia. Az egyik a biocid tulajdonságokat biztosítja, a másik a plazmapolimerizációs folyamatban való részvételért felel. Az első megfelelően ellenáll a plazmának, a második viszont a plazmában lebomlik, lehetővé teszi a molekula kémiai beépülését a kialakuló plazmapolimer filmben. A több tíz nanométer vastagságú szilárd nanobevonat már biocid aktivitást mutat.

A kutatásban felhasznált *prekursorok* a gombaellenes hatóanyagok jellemző típusaiból kerültek ki, fenolokat, aminokat és hatékonyan rögzíthető biocid vegyületeket tartalmaznak. A fungicid képesség vizsgálatához négy közönséges penészgombafajt használtak: *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus tenuissimus* és *Penicillium chrysogenum*. A legjobb nanobevonatot a plazmafolyamat teljesítménye, tartóssága és penészellenes aktivitása figyelembevételével a plazmapolimerizált 2-allil-fenol biztosította (5. ábra).



5. ábra. Textilanyag penészgomba elleni védelme plazmakezeléssel

A textíliák plazmakezelésének lényege

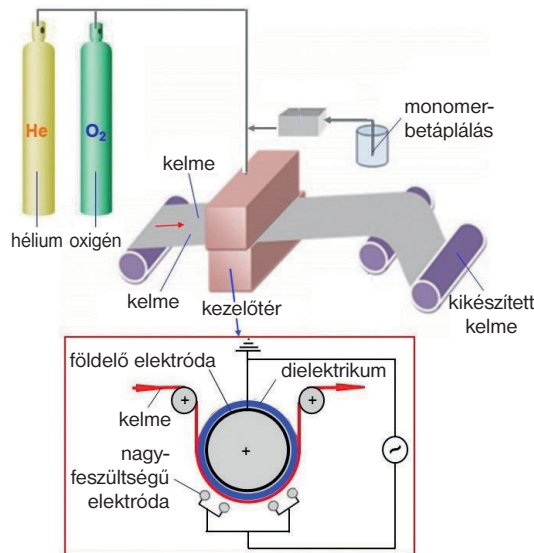
A textilipari plazmakezelések során előnyös a minden szálanyaagra való kiterjeszhetőség, a rövid idejű, vízmentes és kimutatható segédanyag nélküli kezelés lehetősége, az energiatakarékos és környezetkímélő eljárás, valamint az érintésmentes beavatkozás. Kedvező a textiltermék készütségi fokától való függetlenség, például a méteráru jellegű textilárúkon kívül konfekcionált késztermékek utólagos kikészítésére is lehetőség nyílik.

A plazmában kezelt szálanyag felületének kedvező átalakítása, az aktivált gázrészecskék közvetítésével előidézett kémiai módosítások (új funkciós csoportok tökéletes implantációja) újszerű fejezeteket nyitottak a szálanyagok felhasználása, feldolgozása és kikészítése területén.

A mesterséges úton előállított plazmához *gázkiszülés* szükséges. A plazma elnevezés a „kocsonyaszzerűen” rezgő (sejtplazmaszerű) állapotra utal, amelyben az ionoknál jóval könnyebb elektronok az elektromágneses erőterben elsőként jönnek mozgásba.

A plazma előállítható semleges gázokból ionizációval vagy ionizáló sugárzással. A gázkiszüléses plazmában a feltöltött részecskék folyamatosan gyorsító hatású elektromos térben vannak jelen. A plazmakezelés 50 °C alatt is lehetséges, így valamennyi szálanyagon elvégezhető.

A plazmapolimerizáció a plazmán át gerjesztett *gázszerű monomerek* felhasználásával történő nagymolekulaképzés. Az eljárás



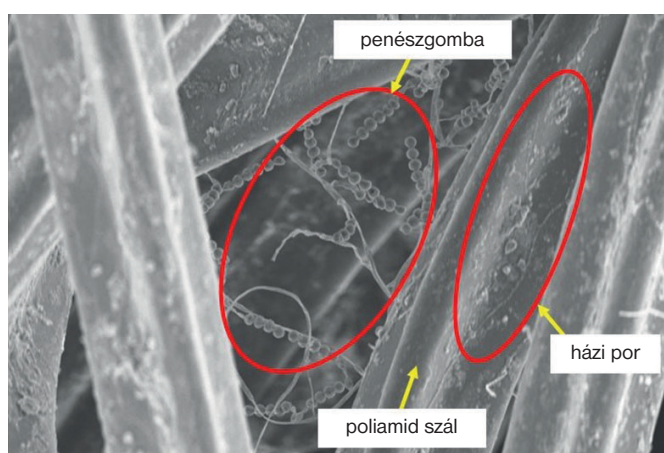
6. ábra. Kelme folyamatos plazmakezelése

során az elérendő hatást biztosító vegyületet bevezetik a reaktorba.

A szakaszos technológiára alkalmas eszközök mellett megjelentek a *folyamatos* plazmakezelésre is alkalmas kikészítőberendezések (6. ábra).

Az új, értékesítésre váró textiltermékek tárolásának helyes feltételei

Amennyiben a méterárut vagy a konfekcionált készterméket a gyártók nem látták el penészgomba elleni védelemmel, úgy a cellulózalapú szálanyagok (pl. a pamut, a len és a viszkóz) mellett a fehérjealapú szálak (a gyapjú és a selyem) is penészedhetnek. A penészgomba a szintetikus szálakon (pl. poliamid, poliészter, poliakril-nitril stb.) is megtelepedhet (annak ellenére, hogy a szálanyag önmagában nem jelent táplálékot), amennyiben szennyezett vagy egyéb „fogyasztható” szerves anyag van a felületén (7. ábra).



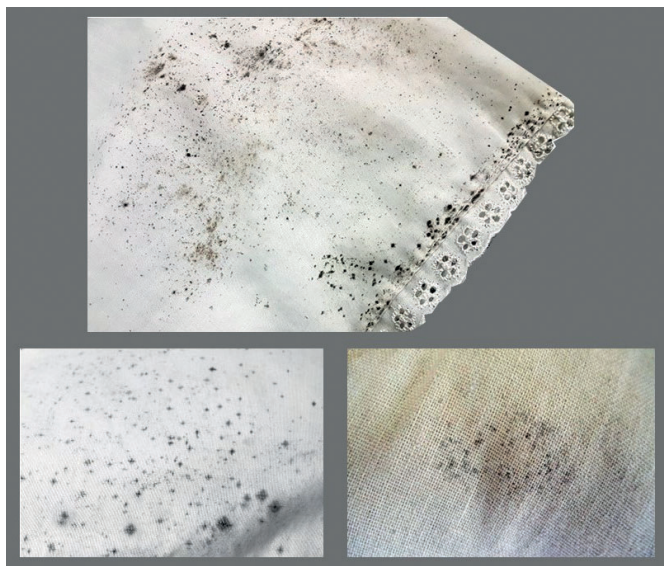
7. ábra. Poliamid anyagú szőnyeg penészesedése a házi por miatt

A 65–100% közötti relatív légnedvesség, a meleg levegő és a rossz légáramlás fokozza a penészgombák fejlődését. A fehér vagy színes, bársonyos jellegű növekmények megjelenését dohos szag is kísérheti. Egyes gombák illékony *metabolitokat* termelnek, amelyek további kellemetlen szagokat okoznak. Ha a pára-



tartalom 60% alatti, a levegő áramlása megfelelő, optimális a megvilágítás, kicsi a penészképződés esélye. Ezért a raktárakban célszerű hordozható páratlanítókat használni a relatív légnedvesség csökkentésére és ventilátorokat alkalmazni a levegő jó keringése érdekében. A gyanús állapotú új termékeket javasolt először karanténba helyezni, ameddig a további penészesedés biztonságosan kizárható.

A penésszel fertőzött textilcikkeket *műanyag zacskóba* vagy tárolóba zárva (ragasztószalaggal vagy légmentesen záródó fedővel) izolálni kell. Így megakadályozható, hogy a spórák a raktár területére kerüljenek. Az egyébként száraz termék a tisztíthatóságig így zárva maradhat. A nedves vagy nyirkos terméket a leggyorsabban meg kell szárítani a további penészesedés elkerülésére. A fagyasztás csak részben segíthet, mert a spórák képesek ellenállni az alacsony hőmérsékletnek (8. ábra).



8. ábra Penészgombákkal fertőzött textíliák

Penész elleni védekezés a háztartásokban

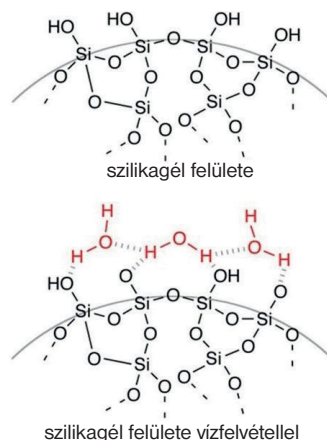
A nedves, meleg, rosszul megvilágított és keringtetésmentes levegőjű helyiségekben, zsúfolt és ritkán levegőztetett szekrényekben fokozott a textiltermékek penészedés miatt károsodása. Az így használt, így tárolt *öltözetek, drapériák, szőnyegek* és *zuhanyfüggönyök* veszélyeztetettsége nagy, azonban még a vasaláshoz felsavart nedves ruhák is penészedhetnek. A penészgombákkal fertőzött textilanyagok szilárdsága csökken, idővel szétesnek, esetenként elszíneződnek.

A megelőzéshez az egyik fontos tényező a termékek és a tárolók tisztántartása. Miután a penészgombák a levegőben mindig jelen vannak, kerülni kell a nedvességet (a hidegebb felületekre a pára lecsapódik). Amennyiben a ruhaszáritó szellőzővel ellátott, a nedves levegő eltávolításához működtetni kell.

A megfelelően telepített *klimaberendezések* beszívják a meleg levegőt (nedvességet), és hideg, száraz levegőt vezetnek vissza a helyiségbe. Kis területeken a levegőt folyamatosan elektromos árammal lehet melegíteni, ezzel szárítani.

A *szilikagél* a szilícium-dioxid amorf változata, amit a szilícium- és oxigénatomok szabálytalan háromdimenziós szerkezete épít fel, nanométeres üregekkel és pórusokkal. Ezek vizet vagy más folyadékokat fogadhatnak be. A 2,4 nm (nanométer) átlagos pórusméretű xerogél (száritott gél) fokozottan megkötí a vízmolekulákat, ezért széles körben használják szárítószerként, néhány

milliméter átmérőjű durva szemcsék vagy gyöngyök formájában. A szilícium-dioxid pelleteteket áteresztő, lezárt tasakok formájában alkalmazzák nedvességmegkötésre, például a termékekben vagy csomagolásukban elhelyezve (9. ábra).



szilikagél tasak és szemcsék

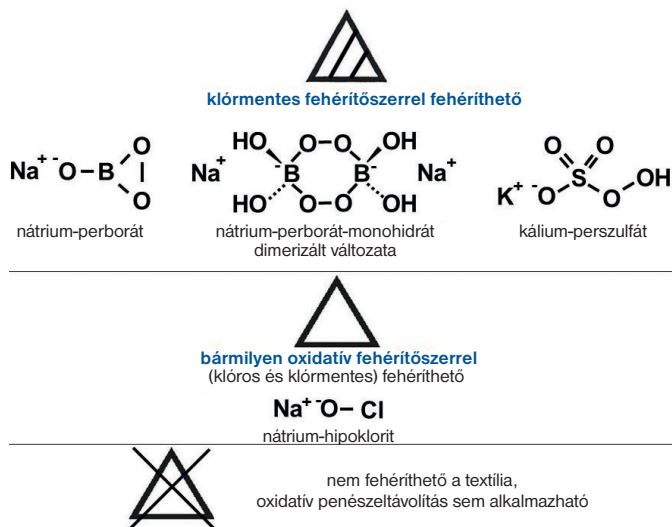
9. ábra. A szilikagél nedvességfelvevő képessége és kiszerezése

A nedvszívó vegyi anyagok (pl. szilikagél, aktivált alumínium-oxid, vízmentes kalcium-szulfát stb.) a penész elleni védekezéshez nagyban hozzájárulnak. A hatóanyagot tartalmazó zacskók elhelyezésével vagy a száraz szemcsék szétszórásával jól csökkenthető a nedvesség. A párával telítődött segédanyagok újra felhasználhatók, például szellőztetett sütőben (150–180 °C) néhány órás kezelés után (légmentesen záródó edényben biztosítva a hűlést). Vízmentes kalcium-klorid is alkalmazható, a kisméretű fehér szemcsékben hozzáférhető vegyi anyag tömegének kétszeresét képes a nedvességből felvenni (ez csak tasakban hagyva használható).

Fontos a kimosott textiltermékek *optimális szárítása*. Miután a penészgombák keményítővel (összetett szénhidrát) is táplálkoznak, ennek jelenlétét kerülni kell – például keményítőalapú appeturák mellőzésével. A dohos szag előjele a penészesedésnek. A permetezhető gombaölő, illetve víztaszító képességű anyagok alkalmazása előtt a tisztított textília nem szembetűnő részén kis próbafújás után figyelni kell, nem okoz-e a szer színváltozást, nem hagy-e foltot. Egyes védekezőszerek gőzöket kibocsátva gátolják a penészgomba növekedését, az egyik ilyen vegyület a *para-diklórbenzol*. A vegyület kristályait szét lehet szórni (pl. dobozokba, tárolandó ruhadarabok esetén), vagy a kristályszákokat fel lehet akasztani a szekrényben az öltözetek tetejére, hogy a nehéz gőzök rátelepedjenek a védendő anyagokra. A gőzök teljes kiszivárgásával a védelem megszűnik, a vegyi hatóanyagot pótolni kell.

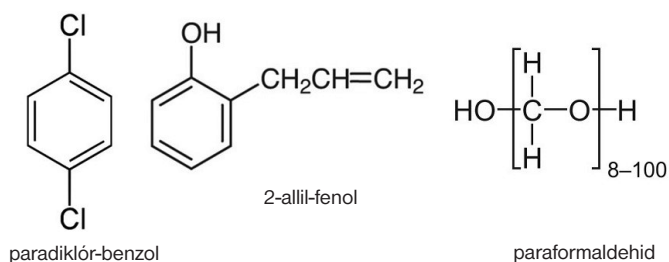
A kialakult penészfoltok eltávolítására *kémiai fehérítőszerek* javasoltak, amennyiben a kezelési jelképsor második piktogramja nincs átlósan áthúzva. Alkalmazható nátrium-perborát (pontosabban nátrium-perborát-monohidrát, ill. dimerizált változata) – ez egyes mosóporokban benne van – vagy kálium-monoper-szulfát-tartalmú oxidatív hozzáadé, meleg kezelésként. A klóros fehérítőszer, a nátrium-hipoklorit (hipó) is használható hideg áztatófürdőben, ha üres háromszög szerepel a fogyasztói tájékoztatóban (10. ábra).

Kárpitozott cikkek, matracok és szőnyegek penészmaradványait szabadban le kell söpörni vagy kefével kell eltávolítani. A megmaradó penésznyomokat *mosószeres szivaccsal* történő enyhe töröléssel javasolt eltüntetni, ügyelve az átázás kerülésére. A bútorkárpitok penészfoltos részeit *hígított alkohollal* (pl. denaturált



10. ábra. Egyes fehérítőszeres alkalmassága penész-eltávolításra

szesz) megnedvesített ruhával célszerű áttörölni, majd napon szárítani. Penészes szőnyegek megfelelő habbal, esetleg szőnyegsamponnal eredményesen kezelhetők. Ezeknél használhatók a *para-diklórbenzol*-, a *2-allilfenol*, a *paraformaldehid*-tartalmú védekezőszerek (11. ábra).



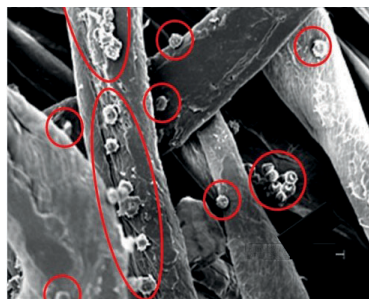
11. ábra. Alkalmas vegyi anyagok a használat, gondozás és tárolás során

A *Cornell Egyetem* (Ithaca, New York állam) kutatói a kórházi látogatók és a betegek által viselt pamutruházatok vizsgálata során megállapították, hogy ezek az *Aspergillus* penészgomba spóráinak fő terjesztői. A mozgás hatására leválnak a textilanyagról és szétszóródnak a környezetben. A sérült vagy károsodott immunrendszerű – magas kockázatú – kórházi betegekre nagy fertőzésveszélyt jelentenek az *Aspergillus* spórák, miután olyan betegséget alakíthatnak ki, mint a tüdő *aspergillózis*, amely potenciálisan halálos kór (12. ábra).

A *bőrtermékek* (ruházatok, bútorok stb.) esetén vékony viasz-, szilíciumgyanta réteg felvitelével lehet megakadályozni a penészesedést és a textiltermékekre ajánlott egyes készítményekkel is lehet védekezni.

Személyes óvatosság a penész elleni védelemben

Az említett vegyületeket tartalmazó – háztartásokban alkalmazható – védekezőszerek megvásárlása előtt fontos a tájékozódás (a terméken feltüntetett összetétel és használati útmutató), hogy megtudjuk: a kiszemelt hatóanyagok az egészségi kockázatra fokozottan érzékeny egyének esetén is *kockázatmentesen* alkalmazhatók-e.



Aspergillus niger spórák elemiszálakon



tüdő aspergillózis

12. ábra. Ruházatról átvitt penészspórák (páztázó elektronmikroszkóppal készült felvétel)



13. ábra. Fontosabb veszélyjelek

A vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról szóló uniós *REACH*- (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) rendelet (2007. június 1-jétől hatályos) hazánkban is érvényben van. A veszélyes vegyületek jegyzékében veszélyjelek és ún. „R és S mondatok” (R: veszélyes anyagok veszélyeire/kockázataira utalnak; S: a veszélyes anyagok biztonságos használatára figyelmeztetnek) szerepelnek.

Ismertté vált, hogy az egyes penész elleni hatóanyagok nemcsak áteresztő tasakokban kihelyezve, hanem a termékek tárolása során akár szétszórással vagy permetezéssel is kijuttathatók. Fontos a terméken *feltüntetett összetevők* megismerése és az egészségre nem káros alkalmazási körülmények (pl. belélegzés kerülése, előírt koncentráció pontos alkalmazása, használat utáni higiéniai műveletek végrehajtása stb.) maximális betartása. A fogyasztói forgalomban nem hozzáférhető vegyületek önálló beszerzésére elvileg nincs mód, miután egyéni használatuk egyértelműen tiltott (13. ábra).

IRODALOM

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Mold>
<https://www.sgtgroup.net/breaking-the-mold-preventing-mold>
<https://extension.missouri.edu/publications/gh5928>
<https://news.cornell.edu/stories/2001/02/cotton-clothes-carry-fungal-spores-hospitals>
<https://www.linkedin.com/pulse/mold-problem-your-garment-sam-lau>
<https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2022/feb/08/break-the-mould-how-to-prevent-mildew-on-clothes-and-accessories-in-high-humidity>
<https://www.mdpi.com/1996-1944/15/19/6834>
 Rusznák István (szerk.): Textilkémia II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.