

PENÉSZGOMBÁK A BELTÉRI LEVEGŐBEN

A beltéri levegőminőség szempontjából a penészgombák szerepe kulcsfontosságú. A penész a problémák figyelmeztető jele, de sokszor maga a veszélyforrás. Az előző részben már szó esett a poratkák és a penészek közötti együttműködésről, melynek következménye a többféle allergénnel terhelt épületlevegő. A nedvesség és a penész megjelenése jó okot ad arra, hogy az allergiás megbetegedés hátterében beltéri allergén expozíciót feltételezzünk.

Előző cikkünkben a háziporatkával foglalkoztunk, jelenlegi írásunkban pedig egy másik jelentős allergénforrást, a penészgombákat vesszük górcső alá. Az újépítésű vagy felújított házakban jelentkező penészesedés, dohos levegő, légúti panaszok miatt sokszor az elsőrendű vádlott a szigetelés és/vagy a szellőzőrendszer. Gyakran hibáztatják a „becsomagolt házakat”, pedig többnyire a szakszerűtlenül végzett szigetelés okozza a penészesedést. Szintén sok vád éri a „légmentesen lezárt irodák műlevegőjét”, pedig valójában csak a rosszul beállított vagy elszennyezett szellőztetőrendszerek árasztják el allergénnel a légteret – mint azt hamarosan látni fogjuk, ezek valóban komoly egészségügyi károkat okozhatnak. Már-már azt mondhatnánk, hogy az energiatakarékos és az egészséges épület kialakításának alapelvei összeférhetetlenek, holott ez megoldható lenne az építészet és az egészségügy közötti együttműködéssel.

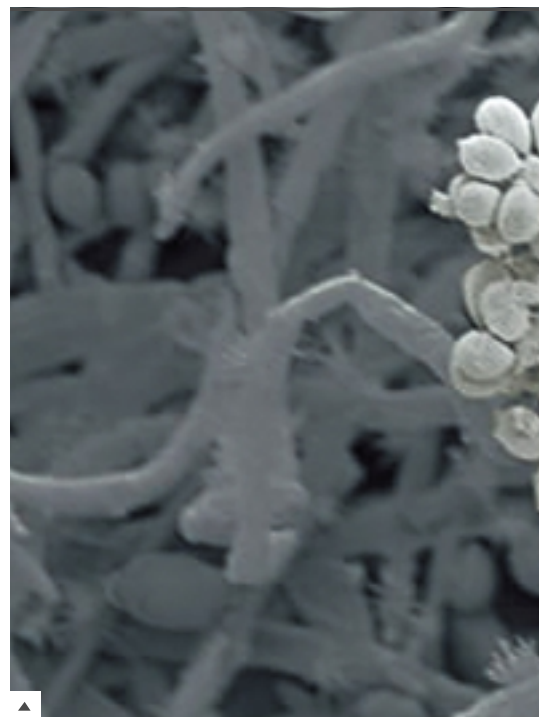
A penészgombák közelebbről

A penész tulajdonképpen köznyelvből használt gyűjtőfogalom, mely alatt megjelenésükben hasonló, de rendszertanilag különféle törzsekbe (Hyphomycetes, Zygomycetes) tartozó mikroszkopikus gombákat értünk. Több ezer faj ismert, melyek mint szervesanyag-lebontó szervezetek nélkülözhetetlen tagjai az ökoszisztémának. Növénykórokozó, raktári károsító, állati, illetve humán kórokozó fajok is gyakoriak. Nagyrészt légáramlatokkal terjed-

nek, ezért szaporodásuk érdekében tömeges mennyiségben, ivartalan úton (mitózissal) spórákat, úgynevezett konídiumokat képeznek. A spórák leszakításához szükséges légáramlat sebessége átlagosan 0,4-2,0 m/s, melyben a fellépő turbulencia is részt vesz.

A konídiumok mérete jellemzően 2-100 μm közé esik. Ez azért fontos jellemző, mivel ettől függően a légzőrendszer más-más régióiban tapadnak ki. Így a nagyobb gombaelemek az orr-garat, a közepes méretűek a légcsövek (bronchusok) szintjén, míg a kisméretű (1-5 μm) gombaspórák a tüdő legmélyén, a légelhólyagocskában (alveolusok) fejtik ki hatásukat. A gombák hidrolitikus enzimeik segítségével képesek a cellulóz, lignin és a keményítő lebontására is, melyek elsősorban a gombafonal (hífa) csúcsán termelődnek, s a lebontott anyagok is itt szívódnak fel. A hífák szövődéséből kialakuló micélium egy bizonyos nagyságot elérve már szabad szemmel is észrevehető telepet alkot. Növekedésüket már 2 °C-on is megkezdik. Amennyiben a környezeti feltételek kedvezőtlenek, inaktív állapotba kerülnek, így hosszú ideig életképesek maradnak. Egyes fajok túlélnek a fagyot, a magas hőmérsékletet, a szélsőséges pH-t, illetve sótartalmat vagy a kiszáradást. A légkör szilárd összetevőinek mintegy egynegyedét biológiai eredetű anyagok alkotják, melyeknek jelentős része gombáktól származik.

A penészeken kívül tömlős és bazídiumos gombák spórái is gyakoriak a levegőben. Ezek főként a kültéri levegőben gyakoriak,



ahol a koncentrációjukat erősen befolyásolja az évszak, a napszak és az időjárás.

Egészségügyi hatások

A gombák által kiváltott betegségek sokféle lehetnek – többek között ezért is érdemes a penészgombákat megismerni. A szénanáthát (allergiás rhinitist) kiváltó gombák között a leggyakoribbak az *Alternaria*, *Cladosporium*, *Didymella*, *Leptosphaeria*, *Nectria*, *Paecilomyces*, *Pleurotus*, *Phoma*, *Verticillium* és *Ustilago* fajai, ezek közül több kültéri eredetű. Az allergénnel szembeni túlérzékenység kialakulásának (szenzitizálás) folyamatában jelentős szerepet játszanak az újszülötteknél, ezért igen fontos a kisgyermek hálószobáját megvizsgáltatni és a penésztől megtisztítani.

Az asztmával az *Alternaria*-, míg a mikotokózissal (mérgezéssel) kapcsolatban az *Aspergillus*-, *Fusarium*-, *Pithomyces*-

Amman HM (2005) Mycotoxins in indoor environments. *Mycotoxin Research* 21(3):157-163.

de Hoog GS, Guarro J, Gené J, Figuers MJ (2000) *Atlas of Clinical Fungi*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht

Kilpeläinen M, Terho EO, Helenius H, Koskenvuo M (2001) Home dampness, current allergic diseases, and respiratory infections among young adults. *Thorax* 2001; 56(6):462-467.

Magyar D. (2007) Aeromycological aspects of mycotechnology. 226-263. In: *Mycotechnology: Current Trends and future Prospects*. [ed. Rai MK] I.K. International Publishing House, New Delhi

Skaug MA, Eduard W, Stormer FC (2001) Ochratoxin A in airborne dust and fungal conidia. *Mycopathologia* 151:93-98

▣ Egészségügyi hatásai:

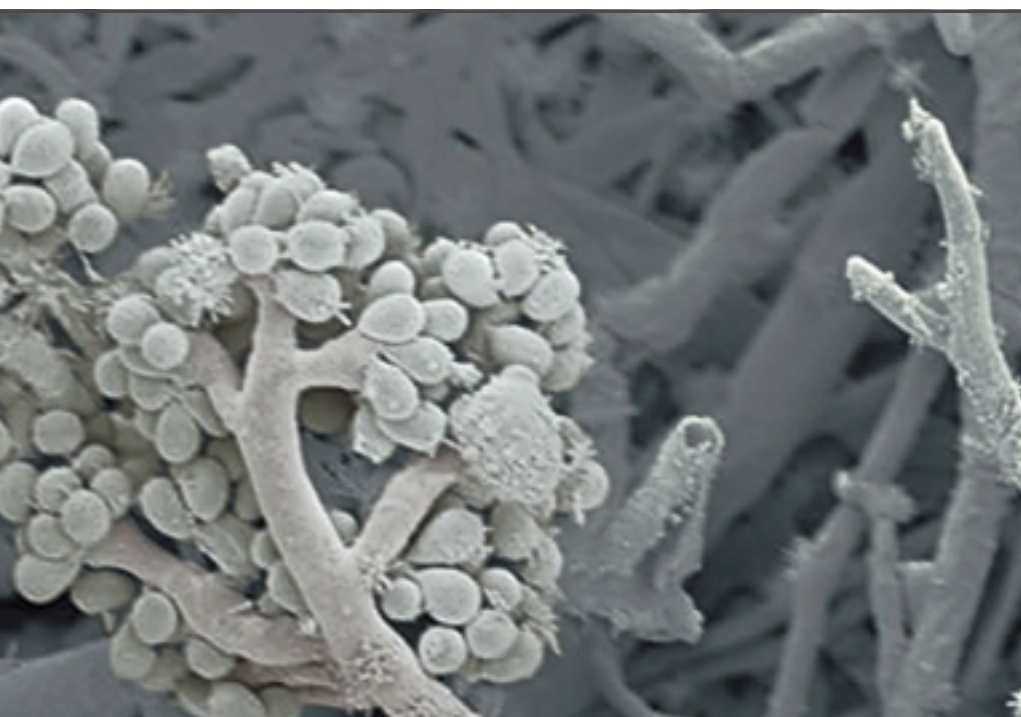
allergiás nátha, asztma, ekcéma, aszpergillózis, aszpergillóma, mikotoxikózis.

▣ Részecskeméret:

2 µm-től néhány 100 µm-ig.

▣ A védekezés épületgépészeti vonatkozásai:

épületanyagok nedvesedésének megszüntetése; szellőztető berendezések rendszeres tisztítása.



A kenyérpénész



és *Stachybotrys*-fajok említendők meg. A legújabb hazai felmérések szerint a penészgomba-allergia a vizsgált légúti betegségben szenvedő lakosok 30%-ánál fordul elő. Finnországi vizsgálatok kimutatták, hogy a beázás és a lakásban található a penész szoros összefüggésben állt elsősorban az asztma, valamint más allergiás megbetegedések előfordulásával.

A belélegzett gombaelemek (leggyakrabban a *Penicillium marneffei* és az *Aspergillus fumigatus* konídiumai) a tüdőszövetet is megtámadhatják (aszpergillózis, aszpergillóma). Ez azonban akkor fordul elő, ha az egyén valamilyen, az immunrendszer gyengébb működését előidéző állapotban szenved. Ilyen esetekben a tüdőben és más szervekben kialakuló gombatelepek nemritkán halálos kimenetelű fertőzést okoznak (szívbelhártya-gyulladás, elhalásos nyelőcsőgyulladás stb.). Éppen

ezért kórházakban, mútókben alapvető feladat a kórokozó gombaspórák kizárása.

A penészgombák kb. 300 faja egy vagy több mikotoxin termelésére is képes. (*Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*: aflatoxint termel, ez a vegyület vesekárosító és májrákot okoz; *Fusarium*-, *Myrothecium*-, *Trichoderma*- és *Stachybotrys*-fajok trichotecéneket termelnek: szemszárazságot, diszkomfort-érzetet, vérzéses tüneteket, míg háziállatoknál szaporodási zavarokat és vetélést okoznak). E méreganyagokat a gombák csak bizonyos körülmények között (adott nedvesség-, hőmérséklet- és oxigénszinten) termelik, és arra használják fel, hogy távol tartsák és visszaszorítsák mikroszkopikus vetélytársaikat. A mikotoxinok a gomba táptalajában halmozódnak föl, de akár egyetlen spórának is kimutatható mennyiségben lehetnek jelen. A levegőbe szóródott, gombák által

szennyezett építkezési törmelékben és a légkondicionáló berendezésekből származó porban is megtalálhatók. Élelmiszeripari botrányokból is jól ismertek, valamint súlyos állategészségügyi, takarmányozási és raktározási károkat okoznak. Lakóbelső-téri előfordulásuk is bizonyított, de a tudomány jelenlegi állása alapján nem dönthető el, mekkora veszélyt is jelentenek valójában, ha beléggzéssel jutnak a szervezetbe. Egy clevelandi felmérés gyermekek tüdővérzése és a lakások *Stachybotrys chartarum*-fertőzöttsége között összefüggést talált – ez az azóta is sokat vitatott felfedezés a médiavisszhangnak köszönhetően szinte pánikot keltett a lakosság körében (e gombára utal az Interneten gyakran idézett Toxic Mold, illetve Black Mold kifejezés is). A mikotoxin-szint jelentős mértékben megemelkedik azokban az épületekben, ahol korábban beázás volt, még

akkor is, mikor a falak már kiszáradtak. A gombákra vonatkozó egészségügyi határértékek megállapítása rendkívül nehéz (a többi biológiai eredetű légszennyező anyaghoz hasonlóan), ennek oka elsősorban a sokféle kóroki tényező együttes hatása, melyet még az is befolyásol, hogy mekkora a koncentráció, az expozíció időtartalma és az egyén érzékenysége. Azonban a határértékek pontos kijelölésével a beltéri levegőminőség-szolgáltatás nagymértékű fellendülése várható. Az aerobiológiai módszerekkel az emberi egészségre nem ártalmas, de épületanyagokban kárt tevő, farontó és növénykórokozó gombák is kimutathatók.

Miért érdemes a penészgombákat megvizsgálni?

Egyes penészfajok megjelenése még nem feltétlenül jelent egészségügyi kockázati tényezőt és okot komolyabb építészeti beavatkozásra. Éppen ezért a haszonérdekelt beruházók helyett független szakértőkkel (mikrobiológusokkal, mikológusokkal) kell a léghőmérsékletet megvizsgáltatni. Ugyanis a penész által okozott veszélyt olykor szándékosan eltúlozzák. A penészgombafaj és a koncentráció meghatározásával valós képet alkothatunk a vélt vagy valós kockázatokról. Míg bizonyos fajok csupán kisebb kellemetlenségeket (esztétikai problémákat, rossz közérzetet, dohsszagot, értékcsökkenést) okoznak, addig mások komoly kárt tesznek az épületanyagokban, sőt többféle betegséget is okozhatnak.

Mivel csupán a penészgombák közül több mint 80 fajt hoztak összefüggésbe a gyakoribb légzőszervi megbetegedésekkel, a környezeti allergének pontos ismerete a kezelőorvos számára fontos információt nyújt arra vonatkozóan, hogy a nagyszámú lehetséges allergén közül valójában melyiknek és milyen koncentrációban van a beteg kitéve, és milyen irányban érdemes a kezelést folytatni. A látszólag penészes lakásokban is nagy kiterjedésű penésztelepek rejtőzhetnek a tapéta, a gipszkarton vagy a csempe mögött. Ezek és más ismeretlen spóráforrások is kimutathatók levegőbiológiai módszerekkel.

Kimutatásuk

Mint említettük, csak akkor érdemes a penészesedést és annak okát megszüntető nagyobb beruházásokba fogni, amennyiben valóban indokolt a beavatkozás. Ennek eldöntésére különböző aerobiológiai módszerek állnak rendelkezésünkre. A teljes spórákoncentráció és a telepképző egységek száma (CFU/m³, CFU/m²) meny-

nyiségi mutatók, ezekre magas értékek esetén érdemes odafigyelni. Egyes penészes esetén koncentrációtól függetlenül a faj pusztája jelenléte is aggodalomra adhat okot. A fajösszetétel-elemzése során összehasonlítjuk a beltéri és a kültéri levegő fajait és koncentrációjukat, illetve a kültéri növényeken élősködő (tehát kizárólag kültéri eredetű) és a lebontó (vagyis beltéri eredetű) fajok előfordulását és arányát. Ebből következtethetünk a szennyezés mértékére, a kültéri levegő arányára, és ezáltal bizonyítható a szennyezők beltéri eredete is.

Az aerobiológiai mérések a szennyezőanyag-forrás felderítésében is hasznosak lehetnek. A háziporatkával ellentétben a penészsporák forrása lehet maga a szellőzőrendszer, a szűrők és más egységek is, ahol a por és a kondenzációs víz a kórokozók felszaporodásának kedvez. Az ilyen rendszer allergénekké alakítja el az épületet. Amennyiben a levegő spórákoncentrációja magas, a kültéri szintet jelentősen meghaladja, és attól eltér, valamint ha bizonyos kórokozó gombák spórái találhatóak a mintákban, a szűrők cseréjét vagy tisztítását minél előbb el kell végezni! E munkálatok elvégzése után ismét ajánlott aerobiológiai vizsgálattal igazolni, hogy a tisztítás sikeres volt-e (vagy egyáltalán végrehajtották-e?!).

A léghőmérséklet gombatartalmának vizsgálatát spóracsapdákkal – különlegesen kiképzett mikrobiológiai levegőminta-vevő készülékekkel – vizsgáljuk; ezeknek két fő típusa létezik. Az első műszertípussal az élőspóraszámot állapíthatjuk meg úgy, hogy a levegőmintákat táptalajra gyűjtjük, majd a gombákat kitenyésztjük, és a koncentrációt telepképző egységben adjuk meg (így működnek például az Andersen, az RCS és a SAS mintavevő készülékek). A másik módszerrel az összes gombaelemszámot kapjuk meg úgy, hogy a levegőmintát mikroszkópi tárgylemezre ütköztetjük (Hirst-típusú, Partrap és Rotorod spóracsapdák). Elfogadható eredmény csak a két módszer együttes alkalmazásától várható. Ennek az az oka, hogy a táptalajokon nem minden gomba képes növekedni, továbbá az elhalt, de még allergizáló spórák rejtve maradnak; ezek csak a mikroszkópi tárgylemezre közvetlenül gyűjtött levegőmintákban mutathatók ki. A tárgylemezre gyűjtött levegőmintákban egyébként pollenszemek, növény- és rovarmaradványok, valamint a levegőben szálló por egyéb összetevői is megvizsgálhatók.

Számos gombafaj spórája nem határozható meg csupán ezzel a módszerrel – ezek

miatt szükséges a tenyésztéses mintavétel elvégzése is. A levegőminta-vételeket ki kell egészíteni a házi por vizsgálatával, a penészes felületekről és a fertőzött épületanyagból gyűjtött minták elemzésével.

A védekezés lehetőségei

Ahhoz, hogy a penésztelep kialakuljon, spórára, szerves tápanyagra és elegendő nedvességre van szükség. Minthogy az első két tényező, a spóra és a tápanyag a belső térben gyakorlatilag mindig rendelkezésre áll, ezért a védekezés legfőbb eleme az, hogy a környezeti nedvességet kellően alacsony szinten tartjuk. Minden más eszköz – a gombaölőszerek (fungicidek) alkalmazása, festékek, vakolatok felhordása, légtisztítás, a beteg gyógyszerelése – csak tüneti kezelés mindaddig, amíg a kiváltó okot, az épület vizesedését nem számoljuk fel. Az épületanyag víztartalma megemelkedhet talajvíz, beázás, csőtörés, építési nedvesség stb. következtében, de ahhoz, hogy a lakás levegőjének páratartalma kritikus szintet érjen el, és a lehűlő felületeken kondenzálódjon, néha meglepően kis változás is elegendő, például egy újabb lakó beköltözése és az ezzel együtt járó páratartalom-emelkedés.

A hideg hónapokban fokozottan számíthatunk a penész kialakulására. Az életmód, a lakáshasználati szokások itt sokat számítanak. A ház körüli tevékenységek – tüzelőfa behordása, söprés, ágyazás, pinceajtó nyitogatása stb. – 10-17-szeres spóraszám-növekedést is okozhat a légkörben.

A szellőztetés mind a spóraszám, mind a páratartalom csökkentése szempontjából kiemelkedő fontosságú. A ritkábban szellőztetett, fűtött lakótérből kiáramló páradús levegő a fűtetlen helyiségek falán kondenzálódik. A fűtőtestek által keltett konvekció gyorsan terjeszti a spórákat az épületekben: az első emeletről a negyedikre mindössze öt perc, a szobákba 20 perc alatt jutnak el, s akár a fal hajszálrepedésein keresztül is utat találnak.

Mint említettük, nagyon fontos a páratartalom csökkentése, a rendszeres szellőztetés és a jó szigetelés. Kedvező hatást érhetünk el a kültéri levegő szűrésével, esetleg csírátlantásával (HEPA szűrők, UV-megvilágítás). Figyelni kell a szűrők állapotára, rendszeres tisztításukra, cseréjükre. A nedvesség csökkentésében hasznosak lehetnek a páratlantító berendezések, a falfűtés, a párariasztók és a páraszabályozott szellőztetési rendszerek. A spórák beszívargása ellen a helyiség pozitív légnyomása szolgálat általános védelmet, míg a negatív nyomás kialakítása olyan helyiségekben ajánlott, ahol fertőzőanyag-forrás van. **Dr. Magyar Donát**