

- előírások és nemzeti jogszabályok segítik;
- az atomerőművek kiváltása más energiaforrásokkal csak nagyon lassú és költséges fejlesztési feladat;
- hazailag ez idő szerint szükségünk van rá, sőt a bővítésére is;
- a baleset megelőzésére és bekövetkeztekor a károk csökkentésére fel kell készülni, mint eddig is és ezután is nagy felelősséggel.

Ebben mindannyiunknak van feladatunk. Ezzel a tevékenységgel csökkenthetjük a sokszor tudatlanságból vagy akár rosszindulatú számításból gerjesztett – akár hiszterikusan megnyilvánuló – aggályokat.

Kulcsszavak: *radonexpozíció, egészségügyi kockázat, atomerőmű balesetek, sugárvédelem*

IRODALOM

- Gorjánác Zorán – Várhegyi A. – Kovács T. – Somlai J. (2006): Population Dose in the Vicinity of Closed Hungarian Uranium Mine. *Radiation Protection Dosimetry*, 118, 448–452. doi: 10.1093/rpd/nci363
- Hámori Krisztián – Tóth E. – Köteles Gy. – Pál L. (2004): A magyarországi lakások radonszintje (1994–2004). *Egészségtudomány*, 48, 283–299. • http://www.informed.hu/?tPath=/view/&documentview_type=save&documentview_site=1&documentview_id=5676
- ICRP103 (2007): *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. International Commission on Radiological Protection Publ. 103. • <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- Kerekes Andor – Ótós M. – Fülöp N. – Veress L. – Turai I. (1999): Study of Cancer Mortality of Radiation Workers at the Paks NPP. In: *Proceedings of the IRPA Regional Conference on Radiation Protection in Central Europe, 99, Budapest*
- Kocsy Gábor – Kerekes A. – Turai I. (2010): Radon Concentration in Hungarian Dwellings. *Népegészségügy*, 88, 205.
- Köteles György (szerk.) (2002): *Sugáregészségtan*. Medicina, Budapest

Köteles György (2007): Atomkori dilemmák. *Magyar Biotikai Szemle*, 13, 150–158.

Köteles György – Varga József (szerk.) (2007): *Az uránbányászok egészségi állapota követéses vizsgálatának dokumentumai*. MTA Bányászati Ergonomiai és Bányaelegségtudományi Tudományos Bizottság, Budapest

Köteles György J. (2009): Low Dose Response: Hormesis and Adaptive Response. In: Kovács Tibor – Somlai János (szerk.): *V. Magyar Radon Fórum Környezetvédelmi Konferencia*. Pannon Egyetemi Kiadó, Veszprém, 9–17.

Kövendiné Kónyi Júlia et al. (2012): Környezeti sugár-egészségügyi mérési eredmények 2010-ben. *Egészségtudomány*, 56, 41–56.

Mészáros Gabriella – Bognár G. – Köteles Gy. J. (2004): Long-term Persistence of Chromosome Aberrations in Uranium Miners. *Journal of Occupational Health*, 46, 310–315. • http://joh.sanei.or.jp/pdf/E46/E46_4_10.pdf

Ungváry György – Galgóczy G. – Köteles Gy. – Ruzsa Cs. – Varga J. – Nagy I. – Bognár G. – Galgóczi E. – Paksy A. (2009): Findings of a Follow-up Health Study of Uranium Miners in Hungary. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 15, 279–289. • http://www.omfi.hu/cejoem/Volume15/Vol15No4/CE09_4-01.html

A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSA A KÖRNYEZETRE VESZÉLYES ANYAGOK LEBONTÁSA ÉS EGÉSZSÉGÜNK VÉDELME CÉLJÁBÓL – INNOVATÍV MEGOLDÁSOK A VEGYSZERMENTES FERTŐTLENÍTÉS TERÜLETÉN

Dékány Imre

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár,
Szegedi Tudományegyetem
Általános Orvostudományi Kar
Orvosi Vegytani Intézet, Szeged
i.dekany@chem.u-szeged.hu

Janovák László

PhD, tudományos munkatárs,
Szegedi Tudományegyetem
Természettudományi és Informatikai Kar
Fizikai Kémiai és Anyagtud. Tanszék, Szeged,
Nanocolltech Kft., Szeged

Tallós Szabolcs

PhD-hallgató,
Szegedi Tudományegyetem
Általános Orvostudományi Kar
Mikrobiológiai és Diagnosztikai Intézet

Buzás Norbert

a kémiai tudomány kandidátusa, egyetemi docens,
Szegedi Tudományegyetem Természettudományi
és Informatikai Kar Műszaki- és Anyagtud. Intézet,
Nanocolltech Kft., Szeged

Nagy Erzsébet

az orvostudomány doktora, egyetemi tanár,
Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Mikrobiológiai és Diagnosztikai Intézet

Bevezetés

A napfény hatására számos félvezető fém-oxid (például: titán-dioxid, cink-oxid) vizes közegben diszpergálva ún. fotooxidációs tulajdonságokat mutat, ami azt jelenti, hogy a fény segítségével felhasználhatók a környezetünkben lévő káros anyagok lebontására (Mogyorósi et al., 2002). Előnyös a tisztítási folyamatban az is, hogy a fotooxidációs lebontás során kizárólag a napfény energiáját használjuk. Az ún. félvezető fotokatalizátorok működésének lényege, hogy megfelelő energiájú fotonok elnyelése a részecskék vegyértéksáv-

jából egy elektront a vezetési sávba gerjeszt, miközben egy pozitív töltés (lyuk) marad vissza a félvezető vegyértéksávjában (Fujishima et al., 2007). A titán-dioxid fotokatalitikus tulajdonságait egy japán kutató, Akira Fujishima fedezte fel 1967-ben, a fotokatalizátor felszínén lejátszóó folyamatot pedig Honda–Fujishima-hatásnak nevezte el (Fujishima – Honda, 1972). A vezetési sáv elektronjának a redukciós, a vegyértéksávban maradt lyuknak pedig az oxidációs potenciálja nagy. A titán-dioxid felületén kialakuló pozitív töltésű lyukak alkalmasak a víz oxigénre és hidrogénre történő elbontására, míg a vezetési

sávba került elektronok az oldott oxigén redukciójára. Mindkét folyamatban erőteljesen oxidáló reagensek, például hidroxilgyök ($\bullet\text{OH}$) és szuper-oxidion ($\bullet\text{O}_2^-$), valamint hidrogénperoxid (H_2O_2) képződik. Ez a ciklus addig folytatódik, amíg a részecskéket fény éri. A fotooxidációs folyamatban a katalizátor is öntisztuló tulajdonsággal rendelkezik, ezért használata az eddigi kísérletek szerint tartósan bizonyult (Fujishima et al., 2000).

A félvezető fém-oxidoknak – így a titán-dioxidnak – önmagukban nincs mérgező hatásuk a mikroorganizmusokra vagy a sejtekre. Az antibakteriális hatás csak fény által történő besugárzás esetén lép fel. Fény jelenlétében a titán-dioxid erős oxidációs hatása el tudja pusztítani a baktériumok sejtfalát és membránját, reakcióba lép a sejtalkotókkal, ami gátolja a baktériumok aktivitását, és végül azok pusztulásához és kémiai lebomlásához, ún. mineralizációhoz vezet. Kolloid állapotban (például festék-szuszpenziókban), a titán-dioxid-részecskék megkötődnek a mikroscopikus állati sejtek felületén, vagy a sejtek magukba zárják őket (Kumar et al., 2011).

A fentiek alapján a titán-dioxid hatékonyan el tudja pusztítani az *Escherichia coli*, *Lactobacillus*, *Bacillus sp.* és más baktériumokat is. Gátolni tudja, ill. képes megelőzni a rosszindulatú sejtek növekedését. Az erős sterilizációs és sejtburjánzást megelőző funkcióknak köszönhetően a titán-dioxid belső antiszeptikus és sterilizálásra, vízkezelésre, a vízszennyezés átfogó megoldására és fotodinamikus terápiára is használható.

A fentebb leírt folyamat különböző mikroorganizmusokra történő hatása különösen fontos az egészségügyben és más területeken, ahol a fertőzésveszély kockázata magasabb. Az elmúlt évek során az egészségügyi intézményekben gyorsan szaporodó, antibiotikum-

rezisztenciákkal rendelkező baktériumfajok jelentek meg, az ezek által okozott fertőzések egyre nehezebben kezelhető betegségeket okoznak. A fotokatalízis megoldást nyújthat erre az egyre jobban súlyosbodó problémára.

A kórházi eredetű fertőzéseket vírusok, baktériumok és gombák okozzák. Ezek a fertőző ágensek csak az USA-ban megközelítőleg évente 99 ezer halálesetet és hozzávetőlegesen 17 milliárd USD többletköltséget eredményeznek az egészségügyi intézményeknek. Számos fotokatalizátor antibakteriális hatásáról szólnak publikációk. A kutatók az elmúlt években elsősorban a TiO_2 antibakteriális hatását vizsgálták különböző baktériumfajok esetében, de más fotokatalizátorok antibakteriális hatását is kimutatták (Tayel et al., 2011). Egyes esetekben sikerült olyan fotokatalizátorokat szintetizálni, amelyek gerjesztéséhez látható fény szükséges. Ilyenek voltak például az ezüsttel és nitrogénnel módosított fotokatalizátorok, amelyek segítségével a fotooxidációs hatás kiváltásához már nem szükséges szövetkárosító UV-lámpákat használni (Veres et al., 2012; Veres et al., 2012).

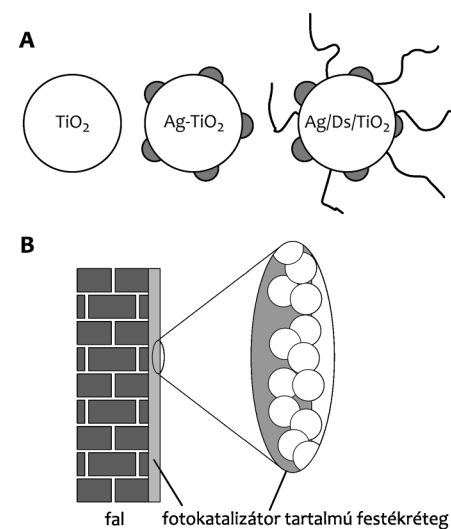
A látható fény hatására öntisztuló felületek előállításának és minősítésének egyszerű molekulák lebontásával

Előnyös tulajdonságainak köszönhetően a titán-dioxid az elmúlt évtizedek egyik legjobban kutatott fotokatalizátora (Mogyorósi et al., 2002; Fujishima et al., 2000). Az irodalmi adatok alapján tudjuk, hogy csak az UV-fényben ($\lambda \leq 380$ nm) gerjeszthető, amely a természetes napsugárzás öt százalékát teszi ki, ezért ígéretes kísérletek folynak napelemek előállítására is.

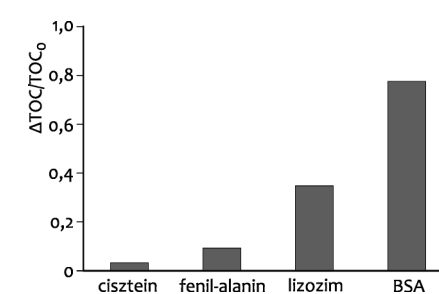
A fotokatalizátor felhasználását, alkalmazását tekintve fontos, hogy a fotokatalitikus aktivitás látható fény hatására is jelentős le-

gyen, ezáltal lényegesen nagyobb hatékonysággal lebonthatók vagy átalakíthatók a szerves szennyeződések és fertőző anyagok. Ez utóbbi arra ösztönözte a szakembereket, hogy a TiO_2 optikai tulajdonságait oly módon változtassák meg, hogy a látható fény hullámhossztartományában is mutakozzon fényelnyelés (Veres et al., 2012b). Ennek egyik módja a TiO_2 -részecskék módosítása fémekkel (például: Cu, Ag) nanorészecskékkel (1. ábra) (Ménesi et al., 2008, 2009; Kőrösi et al., 2008). Egy másik lehetséges mód, ha nemfém anyagokkal (kén, foszfor vagy nitrogén) végezzük a TiO_2 dópolását (Kun et al., 2009; Kőrösi – Dékány, 2006).

A gyakorlati alkalmazás szempontjából nagyon fontos ún. antibakteriális hatású felületen rögzíteni a katalizátor részecskéket, hogy ezáltal azok megkötését hatékonyan elősegítsük (1. B. ábra). Erre alkalmasak lehet-



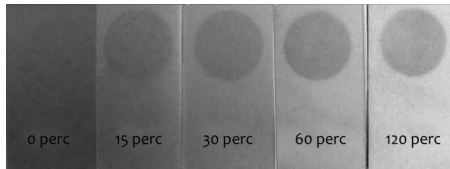
1. ábra • A TiO_2 , Ag-adalékolt TiO_2 (Ag-TiO_2), valamint hidrofobizált Ag-adalékolt TiO_2 (Ag/DS/TiO_2) sematikus rajza, ill. a festékrétegben található fotokatalizátor-részecskék sematikus ábrája



2. ábra • A TOC mérésekből meghatározott széntartalom-csökkenések az Ag- TiO_2 -alapú filmekben 8 óra alatt a különböző aminosavak (cisztein és fenil-alanin) és fehérjék (lizozim és szavasmarha szérum albumin /BSA/) esetében látható fény ($\lambda \geq 380$ nm) történő megvilágítás mellett

nek különböző festékek és rögzítő anyagok (Veres et al., 2012a; Kun et al., 2006). Ezzel a módszerrel olyan reaktív felületek hozhatóak létre, melyek felhasználhatóak például a vízkezelésben, a szennyvíztisztításban (Ilisz et al., 2002), valamint a levegőben található különböző veszélyes anyagok és mikroorganizmusok lebontásában, illetve eliminálásában. A fotokatalitikus hatékonyságot minősítő mérési eredmények azt mutatják, hogy a nanoezüsttel módosított TiO_2 -katalizátor közel 100%-kal több molekulát bont el, mint a kereskedelmi forgalomban kapható EVO-NIK-gyártmányú P25 márkajelű TiO_2 láthatófény-bevilágítás mellett. Előbbi a különböző aminosavak és fehérjék fotodegradációjában is hatásosnak bizonyult (2. ábra).

A mechanikailag stabil, polimeralapú, fotokatalizátor tartalmú vékonyrétegek reaktivitása egyszerűen bemutatható színes anyagok fotodegradációján keresztül. Tesztünk során a reaktív filmeket metilénkék festékkel színeztük, majd szárítás után látható fényvel bevilágítottuk, úgy, hogy a filmek közepét



3. ábra • Metilénkék fotodegradációja polimer-alapú fotokatalizátor filmekben (a filmek közepe egy koronggal ki lett takarva a teszt során)

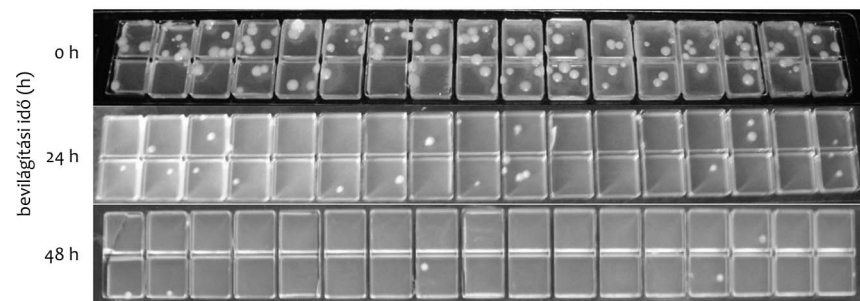
egy koronggal eltakartuk. A 3. ábrán bemutattott fotókból látszik, hogy ahol nem érte fény a rétegeket, ott a felületi metilénkék színe (az ábrán sötét korong) nem változott, azonban fény hatására a metilénkék réteg már tizenöt perc alatt jelentős fotooxidációt szenvedett, és eltűnt az eredeti színe. A vizsgálat a szakirodalomban „gyorsteszt”-mérésként javasolt.

A fotokatalizátorok antibakteriális hatása

Egy 2000-es felmérés szerint Magyarországon évente kétszáz ezer ember kap el valamilyen fertőző megbetegedést az egészségügyi ellátás során, a statisztika szerint közülük négyezren meghalnak. Tüdőgyulladás, agyhártyagyulladás, ízületi gyulladás, bőr- és csontfertőzések és nehezen kezelhető betegségek kórokozójaként különösen gyakran fordul elő a *Staphylococcus aureus* baktérium. A kórházi fertőzések

zömét is a *Staphylococcus aureus* okozza. A *Staphylococcus* nemzetségbe tartozó fajok többsége kezelhető, azonban a kórházi környezetben megjelent methicillin-oxacillin-rezisztens *Staphylococcus aureus* (MRSA) baktériumok a béta-laktám antibiotikumokon kívül gyakran más *Staphylococcus*-ellenes antibiotikummal szemben is rezisztenciával rendelkeznek, és így az általuk okozott kórképek terápiája gyakran igen nehéz. Nozokomiális sebfertőzések esetében sokszor ez a kórokozó, de számos más, az antibiotikumok széles körére rezisztens baktérium is kiszekelődik kórházi környezetben. Leggyakrabban a methicillin-rezisztens *Staphylococcus aureus* (MRSA) mellett a *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus spp.*, extended spektrumú béta-laktamáz termelő (ESBL) *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* baktériumok által okozott kórképekkel kell számolni (Kristóf, 2000).

Az alább látható kísérletben (4. ábra) egy speciális fényforrást használtunk a levegőben természetes módon előforduló mikroorganizmusok elpusztítására. A lámpa belső felületét ezüsttel funkcionizált fotokatalizátorral vontuk be, majd látható fényvel gerjesztettük. A képekből látható, hogy a baktériumok

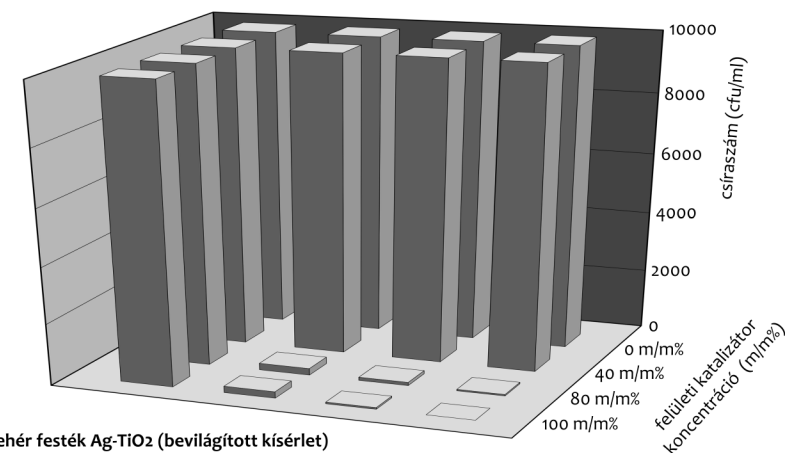


4. ábra • Látható fényvel gerjesztett, ezüsttel funkcionizált, TiO₂-fotokatalizátorral bevont lámpa antimikrobás hatása zárt téri levegőmintában

száma 48 óra bevilágítás után jelentősen csökkent a kezdeti értékekhez képest zárt téri levegőmintában. Magyarországon 2007-ben a specifikus nozokomiális járványok közül 13 (43,3%) kórokozója egy MRSA-törzs volt. (Az általunk vizsgált fotokatalizátorok több mint 90%-a alkalmas volt az MRSA-törzs csíraszámának 99,9%-os csökkentésére 120 percen belül, különböző fotokatalizátor tartalmú felületeken).

Az 5. ábrán feltüntetett vizsgálatok során az Ag-TiO₂-fotokatalizátort tartalmazó Diszperzit® festék alapú mintákat mesterségesen fertőztük MRSA-baktériummal, majd látható fényvel világítottuk be. Az eredményekből látható, hogy a fotokatalizátor az idő és az Ag-TiO₂ felületi koncentráció függvényében az MRSA-törzs jelentős hányadát elpusztította a diszperzifesték-hordozón.

A fertőzések kialakulásának megakadályozására egy olyan prevenció program kialakítására lenne szükség, amely nemcsak a baktérium megtelepedését, hanem szétterjedését is meggátolná a különböző kórtérmekek között.



5. ábra • Látható fényvel gerjesztett ezüsttel funkcionizált fotokatalizátorok antibakteriális hatásának vizsgálata fehér Diszperzit® festék hordozón MRSA-baktérium esetében ($\lambda \geq 380$)

hatására. Az élő baktériumokhoz kapcsolódó speciális festék 495 nm-en, míg a sérült membránnal rendelkező, tehát szaporodni képtelen, inaktívált baktériumokhoz kapcsolódó festék 650 nm-en emittál, így fluoreszcenciás mikroszkópiával vizsgálható. A fotokatalitikus folyamat során az élő baktériumokra jellemző 495 nm-en emittált fény intenzitása csökken, míg az elpusztult baktériumokra jellemző 650 nm-en emittált fény intenzitása nő. A jelenség fluorimetriás mérésekkel is követhető (6. ábra).

Fotokatalizátorok antifungális hatása

A fotokatalízis nemcsak baktériumok esetében hatásos, hanem bizonyos gombafajok esetében is nagy hatékonysággal alkalmazható. A fotokatalízis okozta védelem elsősorban olyan helyeken fontos, ahol a páratartalom magasabb, mivel ott sokkal nagyobb számban fordulnak elő a felületen gyorsan elszaporodó gombafajok. Ilyen helyek lehetnek például a fürdők, szaunák, bizonyos tárolóhelyiségek, de akár egy fürdőszoba is. Sok esetben hallhatunk példát a lakásokban a falpenész megjelenésére, egyes fotokatalizátorral dúsított festékek alkalmazása esetében ez is kike-

rülhető lenne. Létezik tanulmány, amely szerint a fotokatalitikus aktivitás jelentős mértékben megnövekszik a magasabb páratartalmú helyeken, mivel a fotokatalízis folyamata során történő felületi vízbontás nagyobb hatékonysággal történik (Shintani et al., 2006). A *Candida albicans* a széles körben elterjedt *Candida* sarjadzó gombák osztályának leggyakoribb faja. A szervezetben normál körülmények között is megtalálható, a bél baktériumflórájának kontrollja alatt áll. A bél hasznos baktériumflórája (immunrendszerünk részét is képezi) szabályozza a bélben letelepedett gombák szaporodását, de ha az károsodást szenved, vagy megsemmisül, akkor a bélben lévő gomba elszaporodik, előzönli a szervezetet (száj, garat, illetve a nemi szervek nyálkahártyája). Fotokatalizátorokkal viszont hatékonyan pusztíthatók bizonyos *Candida* fajok is, ezt pásztázó elektronmikroszkópos felvételek is igazolták (Akiba et al., 2006).

Fotokatalizátorok antivirális hatása

A vírusok számos nehezen gyógyítható betegség forrásai. Az influenzát az ortomixovírusok (*Orthomyxoviridae*) családjába tarto-

zó influenzavírus A, és influenzavírus C okozzák. Az influenzavírusok genomja nyolc szegmens negatív egyszálú RNS-ből áll. A vírust lipidtartalmú burok (*envelope*) veszi körül. Ebből a burokból nyúlnak ki a neuraminidáz és a hemagglutinin glikoproteinek.

A gazdaszervezet immunrendszere a neuraminidáz (NA) és a hemagglutinin (HA) alapján tudja felismerni a kórokozót. E glikoproteineknek azonban több altípusuk is létezik: az influenzavírus A hemagglutininjéből eddig tizenhat altípust (H1–H16), neuraminidázából pedig kilencet (N1–N9) írtak le. A felszíni glikoproteinek antigenitása gyakran megváltozik (tehát az immunrendszer többé „nem ismeri fel”), s ez az alapja az influenzajárványoknak. A járványok megfékezhetőek lennének bizonyos fotokatalizátorok használatával, amelyek bizonyítottan fehérjedegradációs tulajdonsággal is rendelkeznek, ezáltal a vírusok fehérjeburkát szétroncsolva képesek azok megfékezésére (Jolley et al., 2011).

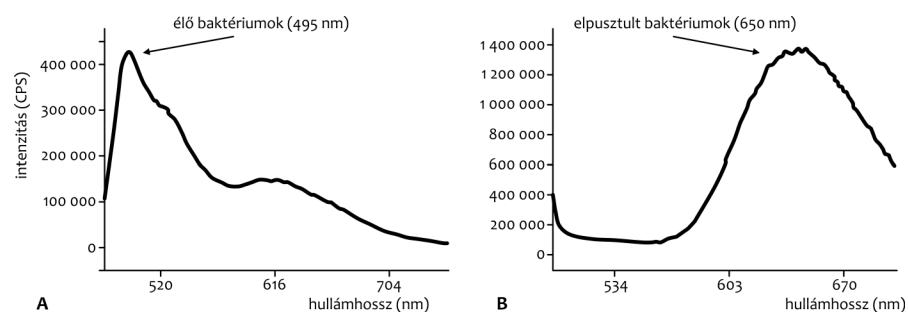
Több tanulmány megemlíti fotokatalizátorral kezelt textilek antibakteriális hatását, amelyek használata szintén elősegítené a nozokomiális fertőzések terjedésének meg-

akadályozását (Bu et al., 2011). Az így készített ruhákkal, lepedőkkel, orvosi köpenyekkel és többször használatos textilekkel tisztább és élhetőbb kórházi és otthoni környezet alakulna ki.

Összefoglalás

A fotokatalizátorok számos kísérleti adat alapján bizonyítottan elbontják a veszélyes kémiai anyagokat a felületeken, a vizekben és a talajban is. Elpusztítják a kórokozók széles skáláját, ezáltal az egészségügyben és otthonainkban is hatékony prevenció főszereplői lehetnek. A fent említett eredményeket intézetünkben és számos publikációban elektronmikroszkópos felvételekkel igazolták, amelyek alátámasztották az *in vitro* kísérletek eredményeit. További célkitűzések között szerepel a fotokatalizátorok szintézisének optimalizálása, a mikrobiológiai tesztek standardizálása, és nem utolsósorban a látható fényben aktív fotokatalizátorok széles körű gyakorlati alkalmazása.

Kulcsszavak: környezetvédelem, napfény, fotokatalízis, antiszeptikum



6. ábra • Fotokatalizátorok antibakteriális hatásának igazolása fluorimetriás mérésekkel 0 perc (A) és 120 perc (B) LED lámpával történő bevilágítás után (λ_{em} [Syto 9] = 495 nm; λ_{em} [propidium-jodid] = 650 nm) *Pseudomonas aeruginosa* teszt baktérium esetében

IRODALOM

- Akiba, Norihisa – Hayakawa, I. – Keh E-S. et al. (2005): Antifungal Effects of a Tissue Conditioner Coating Agent with TiO₂ Photocatalyst. *Journal of Medical and Dental Sciences*. **52**, 223–227.
- Bu, Jinglong – Wang, P. – Ai, L. et al. (2011): Effect of Nano-TiO₂ Antibacterial Treatment On Mechanical Properties of Cotton Fabric. *Advanced Materials Research*. **2557**, 2287–2290. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.287-290.2557
- Fujishima, Akira – Honda, Kenichi (1972): Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. *Nature*. **238**, 37–38. Doi:10.1038/238037a0
- Fujishima, Akira – Rao, T. N. – Tryk, D. A. (2000): Titanium Dioxide Photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. **1**, 1–21. • <http://www.google.com/url?sa=t&crct=j&c>

- q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CEgQFjAA&url=http%3A%2F%2Fxia.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F3004572%2F440812217%2Fname%2Ftitanium%252Bdioxide%252Bphotocatalysis.pdf&ei=BDQaUuKwD4eK4ATijGIDA&usq=AFQjCN EJIbUhlB7s7kowlITz_SGK5zipA&sig2=GZ49r0oqBGLfiLsblmfog
- Fujishima, Akira – Zhang, X. – Tryk, D. A. (2007): Heterogeneous Photocatalysis: from Water Photolysis to Applications in Environmental Cleanup. *International Journal of Hydrogen Energy*. **32**, 2664–2672. • <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2006.09.009>
- Ilisz István – Dombi A. – Mogyorósi K. et al (2002): Removal of 2-Chlorophenol from Water by Adsorption Combined with TiO₂ Photocatalysis. *Applied Catalysis B: Environmental*. **39**, 247–256. DOI: 10.1016/S0926-3373(02)00101-7

- Jolley, Craig – Klem, M. – Harrington, R. et al. (2011): Structure and Photoelectrochemistry of a Virus Capsid–TiO₂ Nanocomposite. *Nanoscale*. **3**, 1004–1007. DOI: 10.1039/CoNR00378F
- Kőrösi László – Dékány Imre (2006): Preparation and Investigation of Structural and Photocatalytic Properties of Phosphate Modified Titanium Dioxide. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. **280**, 146–154. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2006.01.052
- Kőrösi László – Papp Sz. – Ménesi J. et al. (2008): Photocatalytic Activity of Silver-modified Titanium Dioxide at Solid-Liquid and Solid-Gas Interfaces. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. **319**, 136–142. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2007.11.030
- Kristóf Katalin (2000): *Nozokomialis fertőzéseket okozó multirezisztens baktériumok mikrobiológiai jellemzői*. PhD-disszertáció Semmelweis Egyetem Patológiai Tudományok Interdiszciplináris Doktori Iskola 8/3 Program: *Mikroorganizmusok és anyagaik hatásának molekuláris, celluláris és organizmus szintű vizsgálata*. Budapest • http://phd.sote.hu/mwp/phd_live/vedes/export/kristofkatalin.d.pdf
- Kumar, Ashutosh – Pandey, A. K. – Singh, S. S. et al. (2011): Cellular Uptake and Mutagenic Potential of Metal Oxide Nanoparticles in Bacterial Cells. *Chemosphere*. **83**, 1124–1132. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.01.025
- Kun Róbert – Szekeres M. – Dékány I. (2006): Photooxidation of Dichloroacetic Acid Controlled by pH-Stat Technique Using TiO₂/Layer Silicate Nanocomposites. *Applied Catalysis B*. **68**, 49–58. DOI: 10.1016/j.apcatb.2006.07.012 • <http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/photooxidation-of-dichloroacetic-acid-controlled-by-ph-stat-technique-CpmywgobPV>
- Kun Róbert – Tarján S. – Oszkó A. et al. (2009): Preparation and Characterization of Mesoporous N-Doped and Sulfuric Acid Treated Anatase TiO₂ Catalysts and Their Photocatalytic Activity Under UV and Vis Illumination. *Journal of Solid State Chemistry*. **182**, 3076–3084. DOI: 10.1016/j.jssc.2009.08.022
- Ménesi Judit – Kékesi R. – Kőrösi L. et al. (2008): The Effect of Transitionmetal Doping on the Photooxidation Process of Titania-Clay Composites. *International Journal of Photoenergy*. Article ID 846304 DOI: 10.1155/2008/846304 • <http://www.hindawi.com/journals/ijp/2008/846304/>
- Ménesi Judit – Kékesi R. – Zöllmer, V. et al. (2009): Photooxidation of Ethanol on Cu- Layer Silicate/TiO₂ Composite Thin Films. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*. **96**, 367–377. DOI: 10.1007/s11444-009-5532-6
- Mogyorósi Károly – Farkas A. – Dékány I. et al. (2002): TiO₂ Based Photocatalytic Degradation of 2-Chlorophenol Adsorbed on Hydrophobic Clay. *Environmental Science and Technology*. **36**, 3618–3624. DOI: 10.1021/es015843k
- Shintani, Hideharu – Kurosu, S. – Miki, A. et al. (2006): Sterilization Efficiency of the Photocatalyst Against Environmental Microorganisms in a Health Care Facility. *Biocontrol Science*. **1**, 17–26. • <http://dx.doi.org/10.4265/bio.11.17> https://www.jstage.jst.go.jp/article/bio1996/11/1/11_1_17/_pdf
- Tayel, Ahmed A. – El-Tras, W. F. – Moussa, S. et al. (2011): Antibacterial Action of Zinc Oxide Nanoparticles Against Foodborne Pathogens. *Journal of Food Safety*. **31**, 211–218. DOI: 10.1111/j.1745-4565.2010.00287.x • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4565.2010.00287.x/pdf>
- Veres Ágnes – Janovák L. – Bujdosó T. et al. (2012a): Silver and Phosphate Functionalized Reactive TiO₂/Polymer Composite Films for Destructions of Resistant Bacteria Using Visible Light. *Journal of Advanced Oxidation Technologies*. **15**, 205–216.
- Veres Ágnes – Rica T. – Janovák L. et al. (2012b): Silver and Gold Modified Plasmonic TiO₂ Hybrid Films for Photocatalytic Decomposition of Ethanol Under Visible Light. *Catalysis Today*. **181**, 156–162. • <http://dx.doi.org/10.1016/j.cattod.2011.05.028>

TUDOMÁNY MINT EMBERI CSELEKEDET

Udvardy György

megyéspüspök,
Pécsi Egyházmegye
puspokititkarsag@pecs.egyhazmegye.hu

I. Bevezető gondolatok

A címben megjelölt téma a társadalom minden szintjét érintve aktuális kérdéseket vet fel. Jelen írás célja nem a különböző szakterületek kihívásaira adott válaszok összegyűjtése, sokkal inkább egyfajta vezérfonalat szeretne adni, emberi természetünk jellemzőit szem előtt tartva, a tudományos gondolkodás és kutatás összetett feladatahoz.

A témakör mélyebb megértését segítő dokumentumok közül kiemelhető *Az Egyház társadalmi tanításának kompendiuma*, II. János Pál pápa 1999-ben megjelent *Fides et Ratio* kezdetű enciklikája és a Katolikus Egyház erkölcsstanával foglalkozó, 1993-ban megjelent *Veritatis Splendor* kezdetű enciklikája, XVI. Benedek pápa 2009-ben napvilágot látott *Caritas in Veritate* kezdetű enciklikája az ember teljes értékű fejlődéséről, valamint a Magyar Katolikus Püspöki Konferencia 2008-ban megjelent *Felelősségünk a teremtett világgal* körlevele a teremtett világ védelméről. A fentiekben kívül jelentős támpont a *Katolikus Egyház Katekizmusa*.

Ugyancsak fontos forrásnak tekinthető a Szentírásban található Teremtéstörténet leírása. A világ keletkezésének bibliai magyarázata etiológiai leírás, ennek megfelelően az ok-

ozati összefüggések szemlélete az irányadó, nem a szó szerinti jelentéstartalom. A Teremtéstörténet (vö. Ter 1-3) világról alkotott képe kiemeli annak szépségét, eredendő jóságát. Az ember mint Isten képmása különleges helyet foglal el a Teremtésben, melyben ajándékba kapta teremtményi és személyi mivoltát, szabadságát, felelősségét. Benne él a kozmosz megismerésének vágya, s ezzel együtt felelős az általa felfedezett világ gondozásáért.

A környezet, a teremtett világ őrzése és az arról való felelős gondolkodás időszerű kérdés. A természeti környezet pusztulása, a globális klímaváltozás hatásai egész Földünkön érezhetőek. A hőség, az aszály, az ivóvízhiány, a pusztító viharok és árvizek, a kieső termés, a betegségek terjedése és még sorolhatnánk, óriási mértékben veszélyeztetik a ma élőket, de a jövő generációinak életfeltételeit is. A teremtésben eredendően meglévő harmonikus kapcsolat a teremtett világgal a szabadság helytelen megélése következtében széttorodott. Az önzés, a kizsákmányolás hatásait saját bőrünkön érezzük. A szenvedések közepette mégis ott él a Jézus Krisztus megváltói művében nekünk adott remény arra, hogy az Istennel való közös együttműködés révén legyőzhetjük a sokszor kilátástalannak tűnő nehézségeket (vö. Kol 1, 14-20).