

# BIOKÉMIA

A Magyar Biokémiai Egyesület tájékoztatója  
Quarterly Bulletin of the Hungarian Biochemical Society

Szerkesztőbizottság:

ALKONYI ISTVÁN, BÁNFALVI GÁSPÁR, FALUS ANDRÁS, FÉSÜS LÁSZLÓ,  
GERGELY PÁL, HUDECZ FERENC, NYESTE LÁSZLÓ, SARKADI BALÁZS

Felelős szerkesztő:

SZÉKÁCS ANDRÁS

XXIX. ÉVF. 1. SZÁM

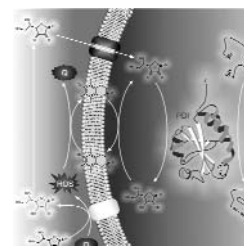
2005. MÁRCIUS

A tartalomból:

- ◇ Az aszkorbát és a tokoferol szerepe a fehérjék diszulfidhídjainak kialakulásában – *Margittai Éva*
- ◇ A genetikailag módosított növények környezeti hatásainak nyomon követése – *Bardócz Zsuzsa és Pusztai Árpád*
- ◇ Szennyvíztisztítás biomasszával – *Németh Áron, Harmati Erzsébet, Kupcsulik Bálint, Radnai György és Sevella Béla*
- ◇ Mindent a gombákról (könyvismertetés, Jakucs. E., Vajna L. [Szerk.]: Mikológia) – *Maloschik Erik*
- ◇ Királis molekulák: az élet keletkezésétől az élelmiszerekig (könyvismertetés, Gy. Pályi, C. Zucchi, L. Cagliotti [Eds.]: Progress in Biological Chirality) – *Csapó János*

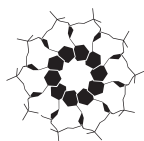
Címlapkép:

A „mikroszomális elektrontranszferlánc” modellje: az aszkorbát és a tokoferol részvétele a fehérjék oxidatív hajtogatódásában (folding). Az aszkorbát egy – azonosítatlan – oxidáz hatására aszkorbilgyökké alakul, majd továbboxidálódik dehidroaszkorbáttá. A dehidroaszkorbát bejut az endoplazmás retikulum lumenébe, ahol a protein-diszulfid izomeráz (PDI) enzim szubsztrátjaként vesz részt a diszulfidképzésben. Az aszkorbát oxidáz által termelt reaktív oxigéntartalmú vegyületet (ROS) a membránba ágyazott tokoferol redukálja és tokoferilgyökké alakul. A lumenben lévő aszkorbátot ez a gyök oxidálja újra dehidroaszkorbáttá. (Az ábrát készítette Harsányi Anett és Varga Szilveszter, ld. a vonatkozó közleményt a 2–6. oldalakon).



Contents:

- ◇ The role of ascorbate and tocopherol in the formation of protein disulfide bonds – *Éva Margittai*
- ◇ Post-release monitoring of the environmental effects of genetically modified plants – *Zsuzsa Bardócz and Árpád Pusztai*
- ◇ Wastewater treatment with biomass – *Áron Németh, Erzsébet Harmati, Bálint Kupcsulik, György Radnai and Béla Sevella*
- ◇ All about the fungi (book review) – *Erik Maloschik*
- ◇ Chiral molecules: from the origin of life to food products (book review) – *János Csapó*



MAGYAR  
BIOKÉMIAI  
EGYESÜLET

Kiadja a Magyar Biokémiai Egyesület, 1518 Budapest, Pf. 7

e-mail: biokemia@nki.hu <http://www.webio.hu/biokemia>

Felelős kiadó: Dr. Friedrich Péter

Az engedély száma: III/SZI/397/1977 HU ISSN 0133-8455

Készíti és terjeszti a **dART studio** (1137 Budapest, Újpesti rakpart 6. Tel.: 349-3426)

Ára • a Magyar Biokémiai Egyesület tagjai részére: tagdíj ellenében,  
• nem egyesületi tagoknak: 680 Ft + postaköltség



# Az aszkorbát és a tokoferol szerepe a fehérjék diszulfidhídjainak kialakulásában

## The role of ascorbate and tocopherol in the formation of protein disulfide bonds

Margittai Éva

Semmelweis Egyetem, Orvosi Vegytani,  
Molekuláris Biológiai és Pathobiokémiai Intézet,  
MTA Támogatott Endoplazmás Retikulum  
Kutatóhely,  
1444 Budapest, Pf. 260

### Összefoglalás

Az endoplazmás retikulum lumenében található – többségükben újonnan szintetizált és tovább szállítandó – fehérjék tiolcsoportjai között lényegesen több az oxidált állapotú, mint a citoszólban lévőké, és hasonló különbség figyelhető meg a glutation redox állapotában is. Kimutatták a protein-diszulfid izomeráz (PDI) és egy Ero1 nevű flavoprotein szerepét a lumen tioljainak oxidációjában, de a teljes elektrontranszferlánc a tioloktól az oxigénig részleteiben még nem ismert. Újabb megfigyelések két kis molekulatömegű elektronszállító, az aszkorbát és a tokoferol (C- és E-vitamin) részvételére utalnak. Modellt állítottunk fel a két vegyület együttműködésére a luminális tioloxidációban. Annak kiderítése, hogy a vázolt mechanizmus milyen mértékben vesz részt a fehérje oxidatív hajtogatódásában *in vivo*, további kutatást igényel.

Margittai, É.

Department of Medical Chemistry, Molecular Biology and Pathobiochemistry, Semmelweis University, Endoplasmic Reticulum Research Group of the Hungarian Academy of Sciences and Semmelweis University, H-1444 Budapest, POB 260, Hungary

### Summary

Thiol groups of the proteins localized in the lumen of the endoplasmic reticulum are remarkably more oxidized than those of the cytosolic proteins; and the redox state of glutathione shows a similar difference. The function of protein disulfide isomerase (PDI) and a flavoprotein named Ero1 in the luminal thiol oxidation has been described, but the entire electron transfer chain from thiols to oxygen remains to be elucidated. Recent observations indicate the participation of two, low molecular weight electron carriers, ascorbate and tocopherol (vitamins C and E). A model of the co-operation of these two molecules in thiol oxidation is shown. The contribution of the proposed mechanism in oxidative protein folding *in vivo* is a subject of further investigations.

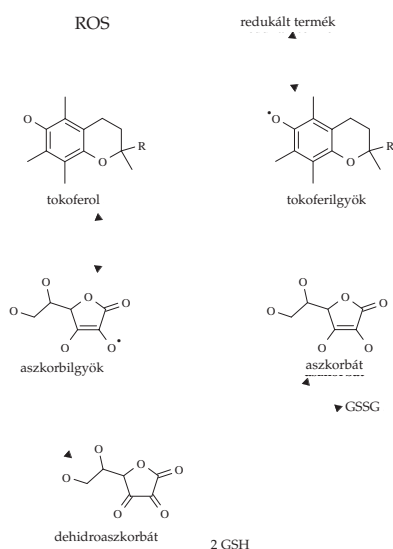
### Bevezetés

Emlőssejtekben számos fehérje (köztük a Golgi-apparátusba, a lizoszómába, a plazmamembránba, illetve a szekrécióra szánt fehérjék) a durva felszínű endoplazmás retikulum riboszómáin szintetizálódnak. Ezek a polipeptidláncok az endoplazmás retikulum lumenébe kerülnek, ahol harmadlagos szerkezetük kialakul, valamint átesnek az egyik legfontosabb ko-/poszttranszlációs módosuláson, a diszulfidhíd képződésén [1]. A fehérjék tiolcsoportjainak diszulfiddá alakításához, vagyis a citoplazmáénál jóval magasabb tiol-redoxpotenciál kialakításához oxidáló környezetre van szükség [2]. Ennek kialakulásában és fenntartásában szerepet

játszó folyamatok azonban teljesen nem ismertek. Egy feltételezett mikroszomális elektrontranszferlánc továbbíthatja az újonnan szintetizált fehérjék tiolcsoportjairól az elektronokat a végső elektronfelvevőre, az oxigénre. Ennek az elektrontranszferláncnak a fehérjekomponenseit már régóta kutatják. Leírták egy FAD-tartalmú enzim (endoplazmás retikulum oxidáz, Ero1) és a protein-diszulfid izomeráz (PDI) funkcionális kapcsolatát, mely szerint az oxigén – mint végső elektronakceptor – oxidálja az Ero1-et, ami oxidálja a PDI-t; a PDI pedig végül az újonnan szintetizált fehérjékben alakítja ki a diszulfidkötéseket [1]. Azonban az Ero1 oxidációjának mechanizmusa részleteiben nem ismert. Feltételezhető, hogy a FAD és a molekuláris oxigén

közötti elektronátadásban más, kis molekulatömegű elektronszállítók is részt vesznek, de ezekre mindeddig kevés figyelem irányult. Leginkább a C-vitamin (aszorbát) és az E-vitamin (tokoferol) részvételét lehetett valószínűsíteni, ezek lévén a legnagyobb mennyiségben előforduló vízzoldékony és zsírdoldékony antioxidáns molekulák az endoplazmás retikulumban.

Mindkét antioxidánsra jellemző, hogy két leadható elektronjuk van, de akár egy elektron leadására is képesek. Ilyenkor mindkét esetben szabad gyök (aszkorbilgyök vagy tokoferilgyök) keletkezik (1. ábra). Tokoferilgyök keletkezik például akkor, amikor az E-vitamint egy reaktív oxigéntartalmú vegyület (*reactive oxygen species*, ROS) oxidálja. Ezt az aszorbát képes visszaredukálni, miközben aszkorbilgyök keletkezik [3]. Aszkorbilgyök keletkezik azonban az oxigénnel folytatott egyetlen elektron átadása révén is, ami a C-vitamin ismert prooxidáns tulajdonságának az alapja.



**1. ábra** Elektronátadás a C- és E-vitaminok részvételével. Egy reaktív oxigéntartalmú vegyület (ROS) a tokoferolt tokoferilgyökké oxidálja, majd ez az aszorbát aszkorbilgyökké alakulásával redukálódik vissza. Utóbbi dehidroaszorbát közti terméken keresztül, a glutation (GSH) oxidációja mellett alakul vissza aszorbáttá.

Az aszorbát a legtöbb állat számára nem vitamin, mivel májsejtjeik képesek az előállítására [4]. A szintézis UDP-glükózból indul ki; aktivitása glikogenezis függvénye így közvetve a glutation redoxstátusza által is szabályozott [5]. Emellett a gulonolakton oxidáz (GLO), a szintézis utolsó lépését katalizáló enzim, génexpresszió szintjén is szabályozott [6,7]. Az endoplazmás retikulum membránjához kötött GLO hidrogén-peroxidot is termel, ezért az aszorbáttermelést glutationoxidáció kíséri [8,9]. Ám a GLO néhány fajban – az emberben is – hiányzik, így ezen szervezeteknek a C-vitamint a táplálékkal szükséges felvenniük [10]. Az aszorbát oxidált formája, a dehidroaszorbát nagyon bomlékony. Bomlástermékei több lépésben csatlakoznak a glikolízishez vagy a glükoneogenezishez, ami erre képes fajokban lehetőséget teremt az újraszintézisre [11], akár szervek közötti ciklus formájában [12]. Megjegyzendő, hogy a C-vitaminnak az antioxidáns (és prooxidáns) tulajdonsága mellett ismert kofaktor funkciója, valamint a redoxstátusz befolyásolása révén szabályozó szerepe is van [13].

## A fehérjeterület aszorbát által kiváltott oxidációja az endoplazmás retikulumban

Intakt sejtekben az endoplazmás retikulumban lévő oxidatív környezet lehetővé teszi, hogy az újonnan szintetizált fehérjékben diszulfidhidak alakuljanak ki. Ez azonban nincs így az endoplazmás retikulumból izolált mikroszómában, ami arra utal, hogy a folyamat egy citoplazmában lévő faktor vagy egy membránpermeabilis összetevő részvételét igényli, mely a mikroszómák preparálása során elvész. Sokáig az oxidált glutationnak (GSSG) tulajdonítottak kulcsfontosságú szerepet a folyamatban. Ez a feltételezés azonban megdőlt, amikor kimutatták, hogy a diszulfidhíd normálisan kialakul a glutationból (GSH) a GSH-deficiens élesztőben is [14], illetve hogy a GSSG transzportja az endoplazmás retikulumba elhanyagolható [15].



**Margittai Éva** végzős hallgató a Semmelweis Egyetem Általános Orvostudományi Karán. 2000-ben kezdte tudományos diákköri munkáját az Orvosi Vegytani, Molekuláris Biológiai és Pathobiokémiai Intézetben Csala Miklós témavezetésével. 2001-től díjas demonstrátor, 2003-tól pedig MD-PhD-hallgató ugyanitt. Kutatási területe az endoplazmás retikulum biokémiája, ezen belül elsősorban az antioxidáns vegyületek anyagcseréje és transzportja, valamint az ezzel összefüggő oxidatív fehérjehajtogatódás. 2002-ben a Semmelweis Egyetem Tudományos Diákköri Konferenciáján I. díjat és különdíjat nyert. 2003-ban rektori pályázatára I. díjat, valamint Dr. Beznák Aladár emlékéremet és jutalomdíjat kapott.

Felvetődött tehát a másik legnagyobb koncentrációban jelen lévő vízzoldékony antioxidáns, az aszkorbát szerepe. Az aszkorbát prooxidáns funkciója a dehidroaszkorbát képződéséhez kapcsolódik. Ez az aszkorbát oxidált formája, amely két elektron leadásával – rendszerint két lépésben – keletkezik [16]. Növényekben ismertek aszkorbát oxidáz enzimek, amelyek aszkorbil szabad gyököt képeznek az aszkorbátból [17]. Ez az intermedier aztán a második elektron leadásával – akár egy másik aszkorbil szabad gyöknek (diszproporcionálódás) – alakul dehidroaszkorbáttá. Állati szervezetben azonban jóval kevésbé ismert a folyamat, sőt, általában ezt nem enzimatikus reakcióként tartják számon, amit például fémionok vagy szabad gyökök katalizálhatnak.

### Az aszkorbát oxidáz aktivitása a mikroszómában

Patkánymáj-mikroszóma jelenlétében az aszkorbát folyamatosan átalakul aszkorbilgyökké majd dehidroaszkorbáttá. A citoszóléval megegyező aszkorbátkoncentrációval (0,1 mM) indulva 37 °C-on az aszkorbát koncentrációja egyenletes sebességgel, folyamatosan csökken akár három órán át [18]. A keletkező dehidroaszkorbát már néhány perc után detektálható, és szintje állandó marad egészen addig, amíg az aszkorbát el nem fogy. Az aszkorbilgyök jelenléte is kimutatható elektronspin-rezonancia-spektroszkópia segítségével. Mikroszóma nélküli pufferben inkubálva az aszkorbátot, autooxidáció révén detektálható mennyiségű aszkorbilgyök keletkezik. Mikroszóma jelenlétében azonban lényegesen nagyobb aszkorbilgyökszint mérhető, és ez az inkubáció teljes ideje alatt állandó marad. Mivel mind az aszkorbilgyök, mind a dehidroaszkorbát nagyon instabil, állandó szintjüket csak a folyamatos aszkorbát oxidáció tarthatja fenn.

A mikroszóma jelenlétében többszörösére fokozódó aszkorbát oxidáció egy korábban ismeretlen mikroszomális aszkorbát oxidáz enzim aktivitására utal. A mikroszómák előkezelése akár hővel, akár proteázzal az aszkorbilgyök keletkezését jelentősen csökkenti, s az aszkorbát oxidáz aktivitását akár meg is szünteti, jelezve, hogy valóban enzimatikus, fehérjemediált folyamatról van szó [18].

Az azonosítatlan mikroszomális aszkorbát oxidázról további információk nyerhetők gátlószerek fel-

használásával. Sem a gyökfogók (mannitol, dimetil-szulfoxid), sem az antioxidáns enzimek (szuperoxid dismutáz, kataláz) nem befolyásolják az aszkorbilgyök képződését. Ugyancsak hatástalan a flavoproteint gátló difenilén-jodónium és a hemo proteint gátló nátrium-azid. Ezzel szemben a citokróm inhibitorai (ekonazol és quercetin) jelentősen gátolják az aszkorbilgyök képződését, de az autooxidációt (mikroszóma nélkül) is, így feltehetőleg nem az enzimre hatnak, hanem közvetlenül reagálnak az aszkorbilgyökkel (redukálva azt). Valószínűsíthető tehát, hogy hemo- és flavoproteinek nem vesznek részt a folyamatban, valamint hogy az aszkorbát oxidáció nem reaktív oxigéngyökök által kiváltott másodlagos folyamat. A megvizsgált fémkelátorok (dipiridil, 1,10-fenantrolin, neokuproin) közül a legerősebb gátlást a rézspecifikus neokuproin váltja ki. Ez mikroszóma nélkül, vagy hőinaktivált mikroszóma esetén hatástalan, csak ép mikroszóma jelenlétében hat, és szinte az autooxidáció szintjére csökkenti az aszkorbilgyökök keletkezését [18]. Ez különösen azért érdekes megfigyelés, mert a növényi aszkorbát oxidáz enzim is rezet tartalmaz [19].

### A fehérjék tiolcsoportjainak oxidációja aszkorbát hatására

A mikroszómához adott aszkorbát fogyása mellett megfigyelhető a fehérjék tioljainak kifejezett oxidációja, ami aszkorbát nélkül elhanyagolható. Az aszkorbát és a tiol oxidációja korrelál egymással. A citokróm P450 inhibitorai (ekonazol, quercetin) vagy neokuproin jelenlétében mind az aszkorbátfogyás, mind a tioloxidáció csökken [20]. Mivel a tioloxidáció az aszkorbát oxidációhoz kötött, feltehetőleg a dehidroaszkorbát is részt vesz a folyamatban.

A dehidroaszkorbát valóban kiváltja a fehérjék tioljainak oxidációját, bár kisebb mértékben, mint az aszkorbát [20]. Ez különösen azért fontos, mert az endoplazmás retikulum membránja nem egyformán permeabilis az aszkorbát/dehidroaszkorbát redoxpár két tagjára nézve. Míg az oxidált alak jól mérhető sebességgel halad át a membránon, addig a redukált forma transzportja elhanyagolható [21]. Ennek megfelelően, az aszkorbát transzportját az aszkorbát oxidáz gátlása akadályozza, azaz csak dehidroaszkorbáttá alakulva képes bejutni a lumenbe [22]. A lumenbe jutott dehidroaszkorbát –

lévén a PDI enzim egyik szubsztrátja – mint kis molekulatömegű elektronakceptor részt tud venni a fehérjéknek ebben a kompartmentumban zajló oxidatív hajtogatódásában (*foldíng*) [23]. A PDI a dehidroaszorbátot redukálja, miközben az enzimen lévő tiolcsoportok oxidálódnak. Az immár oxidált PDI reagál a tiolcsoportokat tartalmazó fehérjékkel, azokon diszulfidhidakat hozva létre, miközben az enzim regenerálódik és visszaalakul katalízisre képes állapotába. Ennek az enzimreakciónak az eredményeként aszorbát keletkezik (és felhalmozódik) a lumenben. A folyamat végbemene telének bizonyítéka, hogy diabéteszes állat májából készült mikroszómában, amelynek lumenében nem hajtogatott (*unfolded*) fehérje – vagyis sok redukált tiolcsoport – halmozódik fel [24], az aszorbát intraluminális akkumulálódása jelentősen megnő [25].

### Az E-vitamin szerepe a fehérjetiolok aszorbát által kiváltott oxidációjában

A megfigyelés, hogy az aszorbát a dehidroaszorbátnál hatékonyabban fokozza a fehérjék tiolcsoportjainak oxidációját a mikroszómában, azt támasztja alá, hogy az aszorbát oxidációja valamilyen közvetett módon is kifejti hatását. Ez egy lipidoldékony, az endoplazmás retikulum membránjában elhelyezkedő molekula jelenlétére utal, mely a két folyamatot – a membrán külső felszínén lejátszódó aszorbátoxidációt és a lumenben végbemenő protein-tioloxidációt – összekapcsolja. A legvalószínűbb lipofil elektronszállítók (ubikinon, K-vitamin, E-vitamin) közül a K-vitamin ilyen szerepét már korábban felvetették [26]. Az E-vitamin az endoplazmás retikulum legnagyobb mennyiségben előforduló membránhoz kötött antioxidánsa. Szerepe E-vitamin-hiányos patkányok májából preparált mikroszómákon végzett kísérletekben igazolódott be. Az ilyen mikroszóma  $\alpha$ -tokoferol-tartalma rendkívül alacsony, de *in vitro* körülmények között utólag szinte teljesen visszaállítható [27]. Az E-vitamin hiánya részlegesen szétkapcsolja az extra- és intraluminális redoxfolyamatokat, vagyis az aszorbát- és a fehérjetiolok oxidációját. Ez azt jelenti, hogy az ilyen mikroszómában jelentősen csökken az aszorbát által kiváltott diszulfidképződés, holott az aszorbát maga gyorsabban oxidálódik. Ezt a szétkapcsolást a membránlipidek fokozott peroxidációja is kíséri, ami nyilván az

aszorbát oxidációjakor keletkező ROS hatása. A különböző vízdékony gyökfogók csak nagyon kis mértékben vagy egyáltalán nem védik ki a lipidperoxidációt, ami arra utal, hogy a ROS a membrán közvetlen közelében – lipidkörnyezetben – keletkezik, ami leginkább lipofil antioxidánsok számára hozzáférhető. Vagyis feltételezhető hogy az E-vitamin közvetlenül ennek a ROS-nak az oxidáló hatását közvetíti a lumenbe; ami így nem a membrán lipidjeit, hanem végső soron a fehérjék tiolcsoportjait oxidálja (2. ábra). A tokoferol utólagos pótlására a két folyamat kapcsolata újra helyreáll és a lipidperoxidáció mértéke is lecsökken [27].

**2. ábra** (lásd a címlapon) A „mikroszomális elektrontranszferlánc” modellje: az aszorbát és a tokoferol részvétele a fehérjék oxidatív hajtogatódásában (*foldíng*). Az aszorbát egy – azonosítatlan – oxidáz hatására aszorbilgyökké alakul, majd továbboxidálódik dehidroaszorbáttá. A dehidroaszorbát bejut az endoplazmás retikulum lumenébe, ahol a protein-diszulfid izomeráz (PDI) enzim szubsztrátjaként vesz részt a diszulfidképzésben. Az aszorbát oxidáz által termelt reaktív oxigéntartalmú vegyületet (ROS) a membránba ágyazott tokoferol redukálja és tokoferilgyökké alakul. A lumenben lévő aszorbátot ez a gyök oxidálja újra dehidroaszorbáttá.

### Összegzés

A leírt megfigyelések alapján a következő modellt állítottuk fel az aszorbát/dehidroaszorbát és az E-vitamin oxidatív fehérjehajtogatásban betöltött szerepére (2. ábra). A citoplazmában az aszorbát aszorbilgyökké alakul enzimatikus folyamat segítségével, ami az endoplazmás retikulum membránjának külső felszínén játszódik le. Ezt a folyamatot reaktív oxigén- és gyökök keletkezése kíséri. Ezután az aszorbilgyök oxidációval vagy diszproporcionálódással továbbalakul dehidroaszorbáttá. A dehidroaszorbát bejut az endoplazmás retikulum lumenébe, ahol a PDI szubsztrátjaként részt vesz a fehérjék (és a glutation) ciszteinjein lévő tiolcsoportok oxidálásában. Ily módon a dehidroaszorbát ismét aszorbáttá alakul, amely nem tud több diszulfidhidat létrehozni, hacsak le nem ad két elektront, és vissza nem alakul dehidroaszorbáttá. Erre ad lehetőséget a membránban jelen lévő tokoferol, amely összeköttetést teremt a membrán külső felszínén lévő oxigén-szabadgyökök és a lumenben lévő aszorbát között. A membrán közvetlen közelében keletkező reaktív oxigén- és gyökök oxidálják az E-vitamint E-vitamin-gyökké.

Ez pedig képes visszaoxidálni az aszkorbátot dehidroaszkorbáttá a lumenben. Ennek a reakcióláncnak a végső eredménye az elektronok folyamatos áramlása a ciszteincsoportoktól mint primer elektron donoroktól az oxigénig mint végső elektronakceptorig [28–30].

Az E-vitamin hiányában az elektrontranszferlánc egy fontos komponense esik ki, ami azért okoz megnövekedett lipidperoxidációt, mert a ROS E-vitamin helyett a közeli membránban lévő egyéb lipidekkel reagál; azért okoz megnövekedett aszkorbátfogyást, mert hiányzik az E-vitamin-gyök, amely az aszkorbátot újraoxidálja; és ugyanezért okoz csökkent tioloxidációt. Fontos megjegyezni, hogy az aszkorbát az E-vitamin-hiányos mikroszómákban is kivált némi tioloxidációt. Így valószínű, hogy más lipidoldékony antioxidánsok, mint a K-vitamin vagy az ubikinon, valószínűleg hasonló funkciót töltenek be az endoplazmás retikulum membránjában. Az, hogy a vázolt mechanizmus *in vivo* körülmények között milyen mértékben vesz részt az oxidatív fehérjehajtogatásban, még kiderítésre vár.

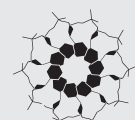
## Köszönetnyilvánítás

A munkát az OTKA (F037484, illetve T038312) és az Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium (ETT 120/2003) támogatta.

## Irodalomjegyzék

- [1] Tu, B. P., Weissman, J. S. (2004) *J. Cell. Biol.*, **164**: 341–346.
- [2] Hwang, C., Sinskey, A. J., Lodish, H. F. (1992) *Science*, **257**: 1496–1502.
- [3] Brígelius-Flohe, R., Traber, M. G. (1999) *FASEB J.*, **13**: 1145–1155.
- [4] Bánhegyi, G., Braun, L., Csala, M., Puskás, F., Mandl, J. (1997) *Free Radic. Biol. Med.*, **23**: 793–803.
- [5] Braun, L., Csala, M., Poussu, A., Garzó, T., Mandl, J., Bánhegyi, G. (1996) *FEBS Lett.*, **388**: 173–176.
- [6] Braun, L., Mile, V., Schaff, Zs., Csala, M., Kardon, T., Mandl, J., Bánhegyi, G. (1999) *FEBS Lett.*, **458**: 359–362.
- [7] Braun, L., Kardon, T., El Koulali, K., Csala, M., Mandl, J., Bánhegyi, G. (1999) *FEBS Lett.*, **463**: 345–349.
- [8] Bánhegyi, G., Csala, M., Braun, L., Garzó, T., Mandl, J. (1996) *FEBS Lett.*, **381**: 39–41.
- [9] Puskás, F., Braun, L., Csala, M., Kardon, T., Marcolongo, P., Benedetti, A., Mandl, J., Bánhegyi, G. (1998) *FEBS Lett.*, **430**: 293–296.
- [10] Bánhegyi, G., Braun, L., Csala, M., Puskás, F., Somogyi, A., Kardon, T., Mandl, J. (1998) *Annals of New York Academy of Sciences*, **851**: 292–303.
- [11] Braun, L., Puskás, F., Csala, M., Gyórfy, E., Garzó, T., Mandl, J., Bánhegyi, G. (1996) *FEBS Lett.*, **390**: 183–186.
- [12] Braun, L., Puskás, F., Csala, M., Mészáros, Gy., Mandl, J., Bánhegyi, G. (1997) *Free Radic. Biol. Med.*, **23**: 804–808.
- [13] Prechl, J., Somogyi, A., Szaleczky, E., Ruzicska, É., Pusztai, P., Fehér, J., Braun, L., Bánhegyi, G., Csala, M., Mandl, J. (1998) *Med. Sci. Monit.*, **4**: 241–244.
- [14] Cuzzo, J. W., Kaiser, C. A. (1999) *Nat. Cell. Biol.*, **1**: 130–135.
- [15] Bánhegyi, G., Lusini, L., Puskás, F., Rossi, R., Fulceri, R., Braun, L., Mile, V., di Simplicio, P., Mandl, J., Benedetti, A. (1999) *J. Biol. Chem.*, **274**: 12213–12216.
- [16] Van der Zee, J., Van den Broek, P. J. (1998) *Free Radic. Biol. Med.*, **25**: 282–286.
- [17] Horemans N., Foyer C.H., Asard H. (2000) *Trends Plant Sci.*, **5**: 263–267.
- [18] Szarka, A., Stadler, K., Jenei, V., Margittai, É., Csala, M., Jakus, J., Mandl, J., Bánhegyi, G. (2002) *J. Bioenerg. Biomembr.*, **34**: 317–323.
- [19] Dawson, C. R., Strothkamp, K. G., Krul, K. G. (1975) *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **258**: 209–220.
- [20] Csala, M., Braun, L., Mile, V., Kardon, T., Szarka, A., Kupcsulik, P., Mandl, J., Bánhegyi, G. (1999) *FEBS Lett.*, **460**: 539–543.
- [21] Bánhegyi, G., Marcolongo, P., Puskás, F., Fulceri, R., Mandl, J., Benedetti, A. (1998) *J. Biol. Chem.*, **273**: 2758–2762.
- [22] Csala, M., Mile, V., Benedetti, A., Mandl, J., Bánhegyi, G. (2000) *Biochem. J.*, **349**: 413–415.
- [23] Wells, W. W., Xu, D. P., Yang, Y. F., Rocque, P. A. (1990) *J. Biol. Chem.*, **265**: 15361–15364.
- [24] Nardai, G., Korcsmáros, T., Papp, E., Csermely, P. (2003) *Biofactors*, **17**: 259–267.
- [25] Nardai, G., Braun, L., Csala, M., Mile, V., Csermely, P., Benedetti, A., Mandl, J., Bánhegyi, G. (2001) *J. Biol. Chem.*, **276**: 8825–8828.
- [26] Soute, B. A., Groenen-van Dooren, M. M., Holmgren, A., Lundstrom, J., Vermeer, C. (1992) *Biochem J.*, **281**: 255–259.
- [27] Csala, M., Szarka, A., Margittai, É., Mile, V., Kardon, T., Mandl, J., Bánhegyi, G. (2001) *Arch. Biochem. Biophys.*, **388**: 55–59.
- [28] Margittai, É. (2004) In: *Endoplasmic Reticulum: a Metabolic Compartment. NATO Science Series, Life and Behavioural Sciences* (Benedetti, A., Bánhegyi, G., Burchell, A., Eds.), (IOS Press, Amsterdam) *in press*.
- [29] Bánhegyi, G., Csala, M., Benedetti, A., Mandl, J. (2002) In: *Thiol Metabolism and Redox Regulation of Cellular Functions. NATO Science Series, Life and Behavioural Sciences* (Pompella A., Bánhegyi G., Wellmann-Rousseau M., Eds.), (IOS Press, Amsterdam) Vol. **347**, pp. 38–47.
- [30] Bánhegyi, G., Csala, M., Benedetti, A., Mandl, J. (2003) *BioFactors*, **17**: 37–46.

A Magyar Biokémiai Egyesület Molekuláris Biológiai Szakosztálya 1996 óta minden év május második hetében rendez meg munkaértekezletét, így menetrend szerint 2005 májusában kerülne sor 10. munkaértekezletünkre. Most mégis arról szeretnénk tájékoztatni a molekuláris biológus kollégákat, hogy 2005-ben a szakosztály – a Magyar Biokémiai Egyesület elnöke kérésének megfelelően – nem rendez meg az esedékes munkaértekezletet. Ezt a döntésünket az indokolja, hogy 2005. július 2–7-ig Budapesten kerül sor a 30. FEBS – 9. IUBMB konferenciára, és ez a Magyar Biokémiai Egyesület kapacitását olyan mértékben leköti, hogy az megnehezíti szakosztályunk munkaértekezletének előkészítését. Döntésünk mellett szól az a megfontolás is, hogy valószínűleg kevés kutató tudná mind a FEBS-IUBMB konferencia, mind a szakosztály munkaértekezletének részvételi díját fedezni.



MAGYAR  
BIOKÉMIAI  
EGYESÜLET

# A genetikailag módosított növények környezeti hatásainak nyomon követése

## Post-release monitoring of the environmental effects of genetically modified plants

Bardócz Zsuzsa, Pusztai Árpád

Genøk Norvég Génökölógiai Intézet,  
Forskningparken i Breivika, PB 6418, 9294 Tromsø,  
Norvégia, E-mail: A.Pusztai@freenet.co.uk

### Összefoglalás

Ma már a világ több országában elterjedt haszonnövényeink genetikai módosítása és alkalmazása a mezőgazdasági gyakorlatban. Az Európai Unióban is több, genetikailag módosított és élő módosított szervezet (GMO/LMO) forgalmazását engedélyezték élelmiszerként és takarmányként, és valószínű, hogy rövidesen engedélyezik szabadföldi termesztésüket is. Az EU-törvények megkövetelik, hogy a GM haszonnövényeket szabadföldi kibocsátásuk során és azt követően monitorozni kell, de számos elméleti és gyakorlati oka is van annak, hogy az engedélyezett GMO-kat/LMO-kat elengedésüket követően szigorúan nyomon kövessék mind a környezet védelme, mind az egészségügy szempontjából. Az engedélyezési kérelemnek tartalmaznia kell a monitorozási tervet, amelyben részletesen meg kell határozni a nyomon követés időtartamát, módszereit, az adatgyűjtés és kiértékelés módját és azt, hogy ezek az információk hogyan jussanak el a hatóságokhoz és a polgárokhoz. Az EU-direktíva végrehajtásáért és a monitorozáshoz szükséges intézmények, szakemberek, anyagok és eszközök biztosításáért a felelősség a nemzeti kormányt terheli. A GMO/LMO kibocsátása után a környezetre (víz, levegő, talaj, flóra és fauna) gyakorolt, valamint az egészségügyi hatások hosszú távú nyomon követéséről is a tagállamok kormányainak kell gondoskodnia. A sikeres monitorozásnak a viszonyításhoz szükséges alapértékek felméréssel kell kezdődnie, már a GMO/LMO engedélyezését megelőzően. Így hazánkra sok tennivaló vár, ha a kormány a GM haszonnövények kibocsátását engedélyezné.

Bardócz, Zs., Pusztai, Á.

Genøk Norwegian Institute of Gene Ecology,  
Forskningparken i Breivika, PB 6418, 9294  
Tromsø, Norway, E-mail: A.Pusztai@freenet.co.uk

### Summary

The genetic modification of plants and their use in agricultural practice is already a reality. In the EU several GM-crops have been permitted to enter the food and feed chain, and the release of some of them for cultivation is in progress. As there are several theoretical and practical reasons for strict monitoring of all the environmental and health effects of the GMOs/LMOs EU laws make their post-release monitoring compulsory. The application by the biotech companies for release should contain the monitoring plan, with a detailed description of how the system works, the length of time, the methods, the details of data collection and evaluation, and the way these reach the authorities and the public. The national governments are made responsible for monitoring and providing all the financial resources for setting up the institutions and laboratories, with the necessary equipment and materials, as well as financing the experts. The long term post-release monitoring of the environmental (water, air, soil, local fauna and flora) and health effects of all GMOs/LMOs is also a governmental responsibility. A successful monitoring system should start with setting up inventories and a baseline database, before any of the GM-crops are released into the environment. Therefore, the governments have a lot to do before they permit the cultivation of any of the GMOs/LMOs.

### Bevezetés

A világon egyre jobban terjednek a genetikailag módosított (GM) és az élő módosított szervezetek (*genetically modified organism* – GMO, *living modified*

*organism* – LMO). Előbbiek fajukra nézve idegen, mesterségesen bevitt gént tartalmaznak, utóbbiak olyan módosított génállománnyal rendelkező szervezetek, amelyeknek genomját fajidegen gén

bevitele nélkül módosították. A mezőgazdasági gyakorlatban már megjelentek a GM haszonnövények, és egyre nő a nyomás a GM növények és a belőlük készült tápok és élelmiszerek minél szélesebb körű elfogadására.

A GMO-k/LMO-k engedélyezése országonként változó, és még ma is elsősorban az ún. lényegi azonosság elvén alapszik. Ez az elv azt mondja ki, hogy amennyiben a genetikailag módosított növény kémiai összetétele nem tér el lényegesen a szülővonalétól, akkor az biztonságosnak tekinthető, hiszen az anyavonal is biztonságosan termesztető, illetve fogyasztható. Eszerint maga az új technológia semmiféle kockázatot nem jelent.

Az Egyesült Államok hatóságai a GMO-kkal kapcsolatban semmiféle biztonsági vizsgálatot sem végeznek, a biztonságosság megítélését a vállalatokra bízák. Számukra elegendő, ha az előállítók 6 héttel a forgalmazás előtt értesítik őket az új GM növény kibocsátásáról. Az utóbbi időben ugyan egyre gyakrabban beszélnek szigorúbb előírásokról, különösen a farmakológiai hatóanyagokat termelő növényekkel (*pharmacrop*) kapcsolatban, de ezek

termesztését jelenleg legfeljebb egyes helyi hatóságok korlátozzák.

Az Európai Unió ennél lényegesen szigorúbb követelményrendszerrel rendelkezik, ennek ellenére a lényegi azonosság elve alapján – amihez az adatokat kizárólag a vállalatok szolgáltatják – 1998 előtt több GM haszonnövény behozatalát engedélyezte emberi táplálékként, illetve állati takarmánnyként. Az Európai Unióban jelenleg GM növényeket csak kísérleti parcellákon termesztnek, egyedül Spanyolországban bocsátották ki a GM szóját. Ma már az Európai Unió megköveteli a behozatalra, illetve a kibocsátásra szánt GM növények toxikológiai- és táplálkozástani vizsgálatát is. A napokban várható az első GM növény, a *glyphosate* gyomirtószer-hatóanyagra toleráns, ún. Roundup Ready® kukorica szabadföldi kibocsátásának engedélyezése. Ez indokolja, hogy az engedélyezés utáni nyomon követés kérdésével foglalkozzunk, és megvizsgáljuk, hogy milyen tennivalóink vannak a GMO-k, illetve LMO-k engedélyezése után.

Ha a kérelmező minden szükséges dokumentációt a hazai hatóságok rendelkezésére bocsátott, és a



**Bardócz Zsuzsa** 1973-ban szerzett diplomát a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem vegyész szakán. Néhány évig élelmiszer-ellenőrzésben dolgozott. 1978-ban került tudományos segédmunkatársként a Debreceni Orvostudományi Egyetem Biokémiai Intézetébe, ahol 1987-ig dolgozott. 1981-ben doktorált. Másfél évet töltött Kanadában és az USA-ban, és (1986-ban) megszerezte a biológiai tudományok kandidátusa címet. 1987-ben hozzáment Pusztai Árpádhoz, Skóciába költözött és az aberdeeni *Rowett Research Institute* munkatársaként kezdett el dolgozni. 1990-ben kinevezték a „*Food-Gut-Microbial Interaction Unit*” vezetőjévé. 2000-ben ment nyugdíjba. Több mint 200 cikket, 100 könyvfejezetet, 2 könyvet publikált, rendszeresen adott elő nemzetközi konferenciákon meghívottként, és maga is számos nemzetközi konferenciát rendezett. Öt EU-s kutatási programban vett részt, kettőnek ő volt a koordinátora. 2004-ben megszerezte az MTA doktora címet. Jelenleg férjével együtt a norvég Genøk Intézet tanácsadója, rendszeresen tart tudományos és népszerűsítő előadásokat, és tanít itthon és világszerte.



**Pusztai Árpád** 1953-ban végzett Eötvös Loránd Tudományegyetem vegyész szakán, először a Bruckner Győző vezette Szerves Kémiai Intézetben egyetemi demonstrátorként, majd a MTA Biokémiai Intézetében Szörényi Imre munkatársaként dolgozott. 1956-ban az országból Ausztrián keresztül Nagy-Britanniába távozott, ahol egy Ford tudományos ösztöndíjjal a Londoni Egyetem *Lister Institute of Preventive Medicine* intézetében biokémiából és fiziológiából doktorált 1960-ban. Újabb hároméves posztdoktori tanulmány után a Nobel-díjas R. L. M. Synge meghívta az aberdeeni *Rowett Research Institute* fehérjekémia osztályára, ahol kisebb-nagyobb megszakításokkal dolgozott 1990-ig, formális nyugdíjba menetelég, de „*Senior Research Fellow*” státuszban ezután is vezette kutatócsoportjuk munkáját. Tudományos munkássága alatt több mint 300 tudományos cikket publikált és 9 tudományos könyvet írt, illetve szerkesztett. Az edinburghi *Royal Society* 1989-ben tagjának választotta. Az 1990-es évek során két európai és több skóciai-angliai nemzetközi tudományos kutatócsoportot vezetett. Véglegesen 1999-ben ment nyugdíjba, és azóta mint biokémiai és táplálkozástani konzultáns, külföldi kutatócsoportok munkájában tudományos tanácsadóként vesz részt, több országban egyetemi és konferencia-előadásokat tart. Feleségével, Bardócz Zsuzsával és a norvég Genøk Intézet munkatársaival együtt egy GM kukorica kockázatelemzési laboratóriumi programjában és az intézet nemzetközi oktatási programjában vesz részt 2001 óta. A szerzők magyarországi levelezési címe: 8262 Badacsonytördemic-Lábdíhegy, Tatay Sándor u. 15.



hatóságok elégedettek a benyújtott adatokkal, akkor engedélyezik a GMO/LMO importját, vagy kibocsátását a környezetbe. A kérdés az, hogy kell-e ezután még a hatóságnak, illetve a kérelmezőnek tennie valamit, vagy az ügyet lezártnak lehet tekinteni. Ebben az esetben is van még tennivaló, el kell hogy kezdődjék a nyomon követés, azaz a kibocsátott GMO/LMO monitorozása.

### Miért van szükség az engedélyezés után a nyomon követésre?

A GMO-k/LMO-k eddig nem használt, új technológiát képviselnek, és önreprodukcióra képesek. Pillanatnyilag nem áll olyan módszer a rendelkezésünkre, amellyel a kibocsátott gének visszahívhatók lennének. Éppen ezért számos gyakorlati és elméleti ok indokolja a GMO-k/LMO-k szigorú nyomon követését. Az Egyesült Államok Tudományos Akadémiájának álláspontja szerint [1] ezek az indokok a következők: 1./ a rövid távú laboratóriumi kísérletekkel nem lehet a környezeti, és főleg az egészségügyi hatásokat kimutatni; 2./ ellenőrizni kell azt, hogy a kérelmező kockázatbecslése megfelelt-e a valóságnak; 3./ a monitorozás egyben validálás is; 4./ a termékek forgalmazás utáni nyomon követése a minőség-ellenőrzés része; 5./ monitorozással dönthetjük el azt is, hogy szükségünk van-e a GMO-ra/LMO-ra, és ha igen, akkor mely esetben és milyen mértékben; 6./ tendenciákat csak hosszabb megfigyelés során vehetünk észre, erre a rövid távú kísérletek nem alkalmasak; 7./ a váratlan hatások megjelenését csak úgy észlelhetjük, ha a GMO-t/LMO-t folyamatosan és hosszú távon is nyomon követjük.

Az is fontos szempont, hogy a monitorozással összegyűjtött információkat fel lehet használni további GMO-k/LMO-k engedélyezésénél. A monitorozás szükségességét elméletileg az indokolja [1], hogy 1./ a kisparcellás kísérletek csak jelentős hatásokat képesek kimutatni; 2./ a kis valószínűséggel bekövetkező hatásokat szinte lehetetlen a laborban, vagy a kísérleti parcellákon megfigyelni; 3./ a ritkán előforduló egészségügyi és környezeti hatások észleléséhez hosszú távú nyomon követésre van szükség.

Az Egyesült Államok Tudományos Akadémiájának tanulmányában a következőket is olvashatjuk: „...oly csekély mértékben hihetünk az invázió előre-

jelzésére irányuló modellekben és a rövid távú kísérleti eredményeknek, hogy bármely bevezetett és ökológiai értelemben számottevő jellemzővel (betegségekkel vagy növényevő élőlényekkel szemben mutatott ellenálló képesség stb.) rendelkező GMO kiterjedt monitorozását javasoljuk [2].”

A nyomon követésre a társadalomtudományok további indokokkal szolgálnak: 1./ a civil társadalom, a polgárok akarják; 2./ a szigorú monitorozás a közvéleményt megnyugtatja; 3./ felelőtlenség az emberek aggodalmát figyelmen kívül hagyni.

A Európai Unió irányelve [3] és annak VII. melléklete szintén foglalkozik a monitorozás kérdésével, és kimondja, hogy „a kérelmezőnek biztosítania kell, hogy a kibocsátott GMO-t az engedélykérelemben és az engedélyben előírtaknak megfelelően nyomon kövessék, és annak eredményéről és következményeiről, a szabályoknak megfelelően, a hatóságoknak beszámoljanak [13(2), 19(3) és a 20 cikkelyek]. Ezért már a kérelemnek, de a kiadott engedélynek is tartalmaznia kell a nyomon követés célját és a monitorozási tervet. Ez utóbbinak részletes leírást kell adnia a szükséges anyagokról, a követendő módszerekről, a mintavétel módjáról és gyakoriságáról, a nyomon követés időtartamáról, az adatok összegyűjtéséről és kiértékeléséről, valamint arról, hogy ezek hogyan jussanak el a hatóságokhoz.”

Az EU-direktíva a végrehajtásért a tagállamokat teszi felelőssé. Az ő feladatuk az adatgyűjtés ellenőrzése, s beszámolási kötelezettségük van részben az Európai Unió felé, részben pedig a nemzeti hatóságok és a közvélemény felé (Directive 2001/18/EC Annex VII), ugyanis az irányelv kimondja [3], hogy a törvényesség biztosításához a monitorozás eredményét nyilvánosságra kell hozni.

A nyomon követést minden egyes GMO-ra/LMO-ra külön-külön el kell végezni. Az értékelésnek figyelembe kell vennie a hosszú távú környezeti és egészségügyi hatásokat, valamint a különféle élő szervezetek egymásra gyakorolt hatását. Az átláthatóság biztosításához az esetleges káros hatásokat a rendelkezésre bocsátott módszerekkel független kutatók és szervezetek is megvizsgálhatják. A monitorozás célja az Európai Unió szerint is az, „hogy az engedélyezés előtti biztonsági vizsgálatok eredményeit igazolja, és hogy az esetleges káros környezeti és egészségügyi hatásokat időben felismerje

és korrigálja, valamint ... az eredményekről a kérelmező, a hatóságok, az Európai Unió, és minden más érdekelt fél is tájékoztatást kapjon”.

### **Ki a felelős a nyomon követésért?**

Az állampolgárok egészségéért és a környezetvédelemért minden esetben a nemzeti kormány a felelős, ezért az ellenőrzés is a kormány, illetőleg az általuk megbízott nemzeti hatóságok feladata és egyben kötelessége. Igen lényeges kérdés, hogy ki fizesse a nyomon követés tetemes költségeit, hiszen a speciális laboratóriumok, a modern eszközök, a szükséges anyagok meglehetősen drágák, és lényeges költség az elméletileg és technikailag jól felkészült szakemberek bére is. Ennek ellenére biztosítani kell, méghozzá hosszú távon az anyagi forrásokat a nyomon követés költségeire. Az is elvárás, hogy a munkába független kutatókat is bevonjanak.

Arról, hogy kinek kell ezeket a költségeket fedeznie, eltérőek a vélemények. Az Egyesült Államok Tudományos Akadémiája szerint [1] az adófizetőknek, az állami cégeknek, a helyi hatóságnak és az államnak; szerintünk azoknak, akik ebből profitot csinálnak, hiszen a GMO-k/LMO-k kibocsátása nélkül ezek a költségek fel sem merülnének. Amennyiben a kormány a kibocsátást engedélyezi, felvállalja a monitorozás költségeit is. Mint ahogy a levegő- és vízminőség, vagy az élelmiszer-biztonság esetén, úgy a GMO-k/LMO-k monitorozásáért is a felelősség a nemzeti kormányt terheli. Ezért az ehhez szükséges szakembereket és anyagi forrásokat is a kormánynak kell biztosítania.

### **Hogyan kell a kibocsátott GMO-t/LMO-t nyomon követni?**

Talán az egyik legfontosabb megállapítás az irányelvekben az [3], hogy a változások nyomonkövethetősége érdekében az eredményeket a kibocsátás előtti értékekhez kell viszonyítani. Ez annyit jelent, hogy a monitorozáshoz szükséges alapadatokat még az engedélyezés és kibocsátás előtt kell meghatározni és összegyűjteni.

Az Európai Unió irányelve szerint már az engedélyezési kérelemnek tartalmaznia kell a nyomonkövetési terv leírását. Részletes információt kell adni a nyomon követésben felhasznált, illetve használható módszerekről, a követendő/mérendő para-

métekről, a területről, az ellenőrzés módjáról és gyakoriságáról, a mintavétel módjáról és a minták analizálásáról, az eredmények összegyűjtéséről és értékeléséről, a beszámolás módjáról, melynek részét kell képeznie az értékelésnek, a revízióknak, az adatok felhasználásának és beépítésének az újabb GMO/LMO-engedélyezési kérelmekbe.

A nyomon követésnek minden GMO/LMO és előfordulási helyeik nyilvántartásba vételével kell kezdődnie. A nyilvántartást és az adatokat több generáción át tárolni kell. A magunk részéről úgy gondoljuk, hogy ez az időszak minimum négy emberöltő legyen, ugyanis legalább ennyi idő kell a reprodukciós hatások megfigyeléséhez.

A genetikailag módosított növényekkel kapcsolatos legfontosabb kockázati tényező a transzgén mozgása, azaz a horizontális génátvitel. Az engedélyezések során ezt igen ritkán veszik figyelembe, hiszen csak a GM növény, és nem a transzgén biztonságosságát vizsgálják. Az engedélyezési kérelmekben a kockázatanalízis alapján a génátvitel kockázatát gyakorlatilag nullának tekintik, de ez nem felel meg a valóságnak. Éppen ezért a növényen kívül a transzgén elszabadulásának egészségügyi, környezeti és mezőgazdasági fontosságát is meg kell vizsgálni. Hangsúlyt kell fektetni a nem célzott (másodlagos) hatások és a rezisztencia kifejlődésének nyomon követésére is. Problémás, hogy egyáltalán milyen módon lehet a GMO-kat kimutatni, hiszen mindegyik másféle transzgént hordoz. Bevált módszer a gyakorlatban, hogy a leggyakrabban használt promóterekre (karfiol-mozaikvírus 35S, a kukorica ubiquitinpromótere stb.) a transzkripció végét jelző génszakaszokra (gus), a marker génekre (antibiotikum-rezisztenciát, herbicid-rezisztenciát hordozó génekre) vagy az összekötő szakaszokra (mint pl. a rizs aktingénje) keresnek.

### **Mit kell a GMO/LMO kibocsátása után nyomon követni?**

#### *Környezeti hatások*

Ahogy azt a fentiekben említettük, figyelmet kell fordítani a vertikális és főleg a horizontális génátvitel monitorozására, hiszen a legnagyobb problémát ezek, és a növényvédő szerekkel szembeni rezisztencia kifejlődése jelentheti. Ezenkívül fontos a bi- és tritrofikus kölcsönhatások, a faunában és flórában bekövetkező populációváltozások folya-

matos nyomon követése. Állandóan vizsgálni kellene, megjelenik-e a GM-vektor vagy annak részei a környezetünkben található, valamint az újonnan jelentkező mikrobákban (elsősorban a vírusokban és baktériumokban). Folyamatosan vizsgálni kell a GM-vektorelemek felbukkanását az újonnan megjelent humán patogénekben. Ez arra is jó lenne, hogy megakadályozná az olyan rémhírek terjedését, ami szerint az új fertőző betegségek – mint például a madárinfluenza vagy az SARS-tüdőgyulladás – GM-eredetűek lennének. Követni kellene az egyes GMO-k/LMO-k lehetséges invázióját az őket körülvevő környezetbe, a kártevő-populációk nagyságának, táplálkozási szokásainak változását. Különleges figyelmet kellene fordítani az antibiotikum-rezisztenciát kódoló gének terjedésére, a herbicidekkel, illetve peszticidekkel szembeni rezisztencia megjelenésére a haszon- és gyomnövényekben. Az egész világon találtak már a *glyphosate* gyomirtószer-hatóanyagra rezisztens növényeket, ugyanakkor Kanadában olyan olajrepcé is van már, ami három különböző herbicidrezisztenciát kódoló transzgént hordoz. Elengedhetetlen a környezetünk folyamatos monitorozása, hiszen az emberek számára legfontosabb a talaj, a víz, a levegő védelme, tehát nemzeti flóránk és faunánk megőrzése.

#### A talaj

Hazánkban is rendszeresen vizsgálják a talaj tápanyag- és nyomelemtartalmát, szerkezetét, szennyezettségét (nehézfémekkel és egyéb anyagokkal). Ezek mérésére a megfelelő szakhatóságok rendelkezésre állnak. Nekik kellene a GMO-k/LMO-k talajra gyakorolt hatását is folyamatosan monitorozni. Bár a talajlakó mikroorganizmusoknak csak kis hányada ismert, s ezeknek a növényekkel és más élőlényekkel való kölcsönhatásairól alig tudunk valamit, a GMO-k/LMO-k hatásainak nyomon követése mégis, ilyen körülmények között is lehetséges. Ha a rendszeres időközönként vett talajmintákból DNS-t vonunk ki, és ezeket egymással összehasonlítjuk, a hosszú időn keresztül ismételt vizsgálatok segítségével kimutathatók a talaj ökoszisztémájának változásai.

#### A levegő

A levegő minőséget folyamatosan nyomon követjük, a szennyeződések és a pollenkoncentrációt monitorozzuk. A virágpor allergiát kiváltó anyag,

és ez alól a GM növények pollene sem kivétel. Így a levegő GM-virágportartalmát is nyomon kellene követni országosan és a termesztés helyén is. A nem megengedhető értékek mérésekor vagy váratlan hatások észlelésekor azonnal lehetne intézkedni, például a szennyezett területet a termesztők költségére magas műanyag fallal kellene körülvenni a GM-pollen terjedésének megállítására.

#### A víz

A víz minőségét, növényvédőszermaradvány-tartalmát rendszeresen ellenőrzik. A fejlett államokban folyamatosan monitorozzák a tengeri és édesvízi szervezetek állományát, mérgezettségét (nehézfémekkel, hormonhatású anyagokkal stb.). A vízből és a vízben élő szervezetekből a transzgének és termékeik jelenléte kimutatható, illetőleg hatásaik nyomon követhetők a szervezetek fiziológiájának, patológiájának megfigyelésével, különösen, ha a méréseket és megfigyeléseket hosszú időn át, rendszeresen elvégeznék.

#### Egészségügyi hatások

Jelenleg a minden alapot nélkülöző hivatalos álláspont az, hogy a piacon lévő összes GM növényből készült élelmiszer biztonságos. Ezért az Egyesült Államokban nincs szükség sem a GM élelmiszerek jelölésére, sem a monitorozásra.

Az egészségügyi hatások nyomon követésére eddig egyedül Nagy-Britanniában próbáltak valamilyen rendszert kidolgozni [4]. Eszerint a vásárlók élelmiszer-vásárlásához kedvezményt adó kártyákkal összegyűjtött adatok alapján összehasonlítanák az elfogyasztott GMO-tartalmú élelmiszerek fajtáit és mennyiségét a személyes egészségügyi információkkal. Az ötlet azonban megbukott, mert az így összegyűjtött információ számos ok miatt nem használható a GMO-k/LMO-k egészségügyi hatásainak nyomon követésére. Egyrészt az egyének egészségére vonatkozó orvosi adatok bizalmasak, és a személyi információk az adatvédelmi törvény védelme alá esnek. Másrészt a kártyákkal összegyűjtött információ nem ad pontos képet az egyének táplálékfogyasztásáról, ugyanis az emberek nemcsak otthon fogyasztanak élelmiszert, hanem a munkahelyükön vagy az iskolában is, étterembe járnak, nyaralnak, barátoknál étkeznek stb. További problémát jelent, hogy az emberek nemcsak egy személyre vásárolnak, hanem az egész

családnak, ezért nem lehet pontosan tudni, hogy ki, miből és mennyit eszik. Márpedig az élelmiszer-fogyasztásra vonatkozó adatokat főleg az összesítő gyűjteni akkor, ha ezt nem tudjuk pontosan megbelőlük. Ma már számos olyan technika létezik, amellyel a GMO-tartalmú élelmiszerek emberekre gyakorolt egészségügyi hatását nyomon lehetne követni. Ilyenek például a vérből végezhető immunológiai és hormonvizsgálatok, esetleg a széklet bakteriális vizsgálata. Ezeket a tesztek a GMO-t tartalmazó élelmiszerek fogyasztását követően több időpontban is el lehet végezni. Az invazív technikák közül a bél- és szövetbiopsziás eljárások, a daganatokból vett szövetminták hisztopatológiai értékelése nyújthatna segítséget a GMO-k/LMO-k egészségügyi hatásainak nyomon követéséhez.

Talán legfontosabb lenne a GM növények okozta allergiák monitorozása. Az allergia a XXI. század népbetegsége. Táplálékunkban jelenleg leggyakrabban a GM szója fordul elő, ami eredeti formájában is sok allergiát okoz. A másik elterjedt GM élelmiszer-alapanyag a Bt-kukorica, melynek transzgénje olyan lektin kódol, amely nemcsak immunogén, de egyben adjuváns is [5]. A lektinek immunogének, több közülük allergén. Az adjuváns olyan anyag, ami a vele együtt a szervezetbe jutó többi anyag allergénitását fokozza.

Hosszú távon a közegészségügyi felmérések szolgáltathatnak információt a GM élelmiszerek egészségügyi hatásáról. Ebből a szempontból az egyik legnagyobb nehézséget az egyre szélesebb körben termesztett, olyan transzgént tartalmazó GM haszonnövények jelentik, amelyek emberi fogyasztásra alkalmatlan ipari alapanyagot tartalmaznak, és humán- vagy állatgyógyszert termelnek. Ezek széles körű nyomon követése rendkívül fontos, mert elterjedésükkel az élelmiszerek szennyeződése szinte elkerülhetetlennek látszik. Az egyik megoldás a probléma elkerülésére az lehetne, ha az ilyen transzgéneket csak olyan növényekbe ültetnék, amelyeket az emberek nem fogyasztanak.

### **Hol kell a GMO-t/LMO-t kibocsátása után nyomon követni?**

Erre a kérdésre egyszerűen lehet válaszolni: ott, ahol a GMO/LMO kibocsátásra került, valamint a környező területeken. A vizsgált terület nagyságának a GMO/LMO típusától kell függenie. Ehhez

figyelembe kell venni a beporzás, illetve keresztbe-porzás lehetőségét, az egyes területek lehetséges szennyeződését, a mikroorganizmusok terjedését, a populációk mozgását, a táplálkozási láncot stb.

### **Meddig tartson a kibocsátott GMO-k/LMO-k nyomon követése?**

Mivel a hosszú távú hatások kifejlődéséhez, illetőleg a reprodukciós zavarok kimutatásához legalább 3-4 generációra van szükség, azt javasoljuk, hogy a monitorozás minimum 4 generáción át tartson. Ez a növények és állatok esetében éveket, illetve évtizedeket jelent, míg az embereknel 120–150 évet. A mikroorganizmusoknál és növényi kártevőknél más a helyzet. Ezeknél a rezisztencia kifejlődését kb. 20 nemzedéken keresztül szokás nyomon követni, de ez rövid élettartamuk miatt legfeljebb néhány évet tesz ki.

### **Mi történik a világban a GMO-k/LMO-k nyomon követésével kapcsolatban?**

Ahogy már szó volt róla, a monitorozásnak az egyes államok helyi adottságainak felmérésével kellene kezdődnie. A valóság az, hogy egyetlen állam – talán Szaúd-Arábia kivételével – sem rendelkezik nemzeti kincseik, faunájuk és flórájuk listájával, a környezetre és a lakosság egészségi állapotára vonatkozó adatokkal. Hazánk sem rendelkezik azokkal az adatokkal, amelyeket a monitorozáshoz összehasonlítási alapként lehetne használni. Ezután a nyomon követésnek az összes GMO/LMO és előállítási, előfordulási helyeik listába vételével kellene folytatódnia. Ezek nélkül az adatok nélkül később semmiféle megfigyelést vagy adatot sem lehet értékelni.

Azokban az országokban, ahol a legnagyobb területeken termesztenek GM haszonnövényeket (mint például az Egyesült Államokban, Kanadában vagy Argentínában), semmiféle nyomonkövetési program sincsen. Nagy valószínűséggel a világ más tájain sem folyik ilyen hatósági vizsgálat, kivéve az Európai Uniót, ahol törvény kötelez a GMO-k/LMO-k monitorozására.

### **Konklúzió**

Jelenleg egyetlen országnak sincs megfelelően kidolgozott GMO/LMO nyomonkövetési rendszere. Ezzel szemben számos ország természet nagy

mennyiségű GM növényt. Talán még nincs túl késő, hogy cselekedjünk. Ha úgy döntünk, hogy engedélyezzük a GMO-k/LMO-k kibocsátását, legalább próbáljuk a monitorozáshoz a megfelelő feltételeket megteremteni.

Többször előfordult már, hogy egy GMO elszabadult, és nem ott vagy úgy került felhasználásra, ahogy azt tervezték vagy engedélyezték. Az ilyen helyzetek kezelésére is kellene valamiféle tervünknek lennie. Tudnunk kell, hogy mit tegyünk, ha vészhelyzet állna elő, mert valamelyik GMO-val/LMO-val probléma adódott. Különböző tervekkel kéne rendelkezünk arra az esetre, ha GMO/LMO-szennyeződés zárt rendszerben, esetleg szállítás közben fordulna elő, illetve ha a szennyezés kísérleti parcellán, esetleg szabadföldi termesztés során jelentkezne. Más lépésekre van szükség akkor, ha az élelmiszer-, illetve a takarmánylánc szennyeződne. Ezek a lehetőségek nem csak elméletben léteznek, hiszen volt már példa az Egyesült Államokban élelmiszer-kontaminációra, amikor az emberi fogyasztásra nem engedélyezett STAR-LINK nevű GM kukorica került egyes élelmiszerekbe. Ez a vállalatnak többmillió dollárjába került. Az is előfordult, hogy egy gyógyszerhatóanyagot termelő GM növényt termesztettek a szabadban engedélyezés nélkül, mint ahogy az a Prodigen-botrány esetében történt. Másként kell eljárni akkor is, ha a környezetbe olyan, engedély

nélküli GMO/LMO kerül, amely szaporodásképes, és megint másként, ha a genetikailag módosított szervezet nem képes szaporodni.

Ami a költség- és nyereséganalízist illeti, érdekes, hogy a nyomon követés, valamint az esetleges problémák megjelenésekor az egészségügyi szolgáltatások és a környezeti károk felszámolásának költsége az adófizető polgárokat terheli. Az összes kockázatot nekik kell vállalniuk, míg a GMO-k/LMO-k forgalmazásából a biotechnológiai vállalatok profitálnak.

### Irodalomjegyzék

- [1] National Academy of Sciences USA (2002) Environmental effects of transgenic plants: The scope and adequacy of regulation. National Academy Press, Washington D.C. <http://www.nap.edu/openbook/0309082633>
- [2] Kareiva, P., Parker, I., Pascual, M. (1996) How useful are experiments and models in predicting the invasiveness of genetically engineered organisms? *Ecology*, 77: 1670–1675.
- [3] European Parliament and Council (2001) Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC. *Off. J. Eur. Commun.*, L 106: 1–38.
- [4] UK Parliament Review Panel (2003) GM science review. UK Government (the UK Government, the Scottish Executive, the National Assembly for Wales and the administration in Northern Ireland), London, UK. <http://www.gmsciencedebate.org.uk>
- [5] Vazquez-Padron, R. I., Moreno-Fierros, L., Neri-Bazan, L., Martinez-Gil, A. F., de la Riva, G. A., Lopez-Revilla, R. (2000) Characterization of the mucosal and systemic immune response induced by Cry1Ac protein from *Bacillus thuringiensis* HD 73 in mice. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 33: 147–155.



**Tóbiás Edit**  
1964 – 2005

A *Biokémia* egyik száma sem készült ilyen fájdalom mellett: február 24-én örök búcsút vettünk tördelőszerkesztőnkől, Edittől. Ő teremtett formát a folyóirat 1998-ban megújult alakjának, s az elmúlt hét évben megjelent számokat – egyetlen kivétellel – ő készítette el, az ő precizitása, lelkiismeretes munkája tükröződött azok megjelenésében. Büszke volt rá, sajátjának vallotta a kiadványt, fáradhatatlanul dolgozott, saját igényessége által vezérelve, de odafigyelve a szerzők és a hirdetőik kívánalmaira is, csendesesen, türelmesen, pontosan, szakmai és emberi értékekben egyaránt példamutatóan, s ebben az egyre elhatalmasodó és mind fájdalmasabb betegség sem tudta megállítani.

Végül mégis megállította.

Szívet tépő volt búcsút venni, de még gyötrőbb nélküle folytatni.

# VÍZANALITIKA

## WTW

- \* mobil
- \* laboratóriumi és
- \* on-line kivitelben

### PARAMÉTEREK

- \* pH
- \* redox potenciál
- \* ionszelektív mV
- \* oldott oxigén
- \* vezetőképesség
- \* hőmérséklet
- \* zavarosság
- \* BOI, KOI
- \* NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>
- \* Po, P<sub>0.682</sub>, TOC SAC, ...
- \* automata vízmintavevők



- \* TÜV
- \* ISO
- \* GLP
- \* 3 év garancia



# SZŰRŐPAPÍROK MEMBRÁNSZŰRŐK SZŰRŐKARTONOK

A tradicionális minőség megújult választéka megbízhatóságot garantál!



# GYORSTESZTEK

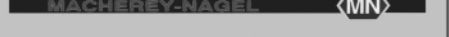


UNIVERSÁL DÜSTEST  
INDIKÁTOR- ÉS TESZTPAPÍROK  
1 - 1000 mg/l

VIZUÁLIS TESZTKÉSZLETEK  
0,01 - 100 mg/l



FOTOMETRIÁS TESZTKÉSZLETEK  
0,001 - 1000 mg/l



## PROFESSZIONÁLIS MÉRÉSTECHNIKA

## ELÉRHETŐ ÁRON

### Chromatography

Liquid Chromatography  
Sample Preparation

### Bioanalysis

TLC / HPLC  
Gas Chromatography

MACHEREY-NAGEL MN

## KÖRNYEZETVÉDELMI MÉRÉSTECHNIKA



### AKTIVIT Kft.

H-1581-Budapest, Pf.: 104.  
H-1145-Budapest, Pétervárad u. 14.  
Tel: 221-7865, 221-7866. Fax: 252-9940.



## VÍZANALITIKA LABORTECHNIKA

### KVALITATIV TESZTPAPÍROK

### pH - PAPIROK

### QUANTITATIV TESZTPAPÍROK

MACHEREY-NAGEL - DÜREN MN

### Az ELEMENTAR GmbH.

### VARIO elemanalizátor családja

- vario EL III  
Cik. CDS, CDR, CDSV tartományok mérésére  
-0,01...100 % tartományokban  
- vario EL TRACE  
K. S tartomány mérésére  
az 1 ppm-ig kivehető tartományokban
- vario EL liquid injection  
Cik. CDS, CDR, CDR tartományok mérésére  
-0,01...100 % tartományokban  
- vario trace liquid injection  
K. S tartomány mérésére  
az 1 ppm-ig kivehető tartományokban

### ELEMANALIZIS FELSŐFOKON

- vario EL-IRMS  
Cik. CDS, CDR tartományok mérésére  
-0,01...100 % tartományokban  
- vario MAX  
Cik. CDS, CDR tartományok mérésére  
-0,01...100 % tartományokban  
- vario MAX IRMS  
Cik. CDS, CDR tartományok mérésére  
-0,01...100 % tartományokban  
- vario MAX  
Cik. CDS, CDR tartományok mérésére  
-0,01...100 % tartományokban

AKTIVIT Kft. H-1581-Budapest, Pf.: 104. H-1145-Budapest, Pétervárad u. 14. Tel: 221-7865, 221-7866. Fax: 252-9940.

### NITROGÉN / PROTEIN tartalom mérése

Dumas módszer szerinti, egyetlen, automata analizátorokkal.

A Dumas módszer előnyei:

- \* Igazán kis helyen kis helyre
- \* Gyors (6 perc)
- \* Tökéletes égés
- \* Abszolút pontos
- \* Pontos ismételtetés
- \* Nagy mintabemérés (1...5 g)
- \* Robosztus
- \* Felügyelet mentes

### MEGBÍZHATÓ EREDMÉNYEK A TEREPEN CSÜCSMINŐSÉGŰ ESZKÖZKEL

KÖRNYEZETVÉDELMI MÉRÉSTECHNIKA

# Szennyvíztisztítás biomasszával

## Wastewater treatment with biomass

Németh Áron, Harmati Erzsébet, Kupcsulik Bálint, Radnai György és Sevelle Béla

Mezőgazdasági Kémiai Technológia Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1521 Budapest, Szt. Gellért tér 4. E-mail: nemeth\_aron@freemail.hu

Németh, Á., Harmati, E., Kupcsulik, B., Radnai Gy. and Sevelle, B.

Department of Agricultural Chemical Technology, Budapest University of Technology and Economics, H-1521 Budapest, Szt. Gellért tér 4. E-mail: nemeth\_aron@freemail.hu

### Summary

The aim of our work was to develop a process for simultaneous reduction of chemical oxygen demand/biological oxygen demand (COD/BOD) values of wastewater of milk industry origin (whey) and for production of a biosorbent for metal removal from wastewater of metal mining origin. An additional goal of the present work was to scale up biomass production. At the beginning of our research, we optimized the cultivation of the selected yeast (*Dekkera anomalus*, *Brettanomyces*),

and then we scaled up the fermentation technology on weat from 0.8–1 l to 200–300 l volume. We used the cell powder for adsorption experiments in model wastewater samples containing  $\text{Cd}^{2+}$  (1 mg/l),  $\text{Cr}^{2+}$  (9 mg/l),  $\text{Cu}^{2+}$  (24 mg/l) and  $\text{Zn}^{2+}$  (21 mg/l) ions. On the basis of measuring the concentration of these four metal ions during the adsorption experiments, we developed a mathematical model to determine the sorption characteristics of the biomass and to describe the kinetic behavior of this adsorption system.

Kutatásunk során olyan eljárás kidolgozásában vettünk részt, amelynek célja tejipari mellékterméken bioszorbens előállítás volt. A sajtgyártás melléktermékeként keletkező évente több tízezer tonna tejsavót magas szervesanyag-tartalma ellenére szennyvízkezelésre bocsátják. Számos mikroorganizmus képes azonban a savóban lévő szerves anyagokat (tejcukor, fehérjék stb.) hasznosítani és sejtanyagába beépíteni, nagy mennyiségű biomasszát hozva így létre.

Egy ilyen fermentáció után kisebb kémiai és biológiai oxigénigényű (KOI és BOI) szennyvíz keletkezik, melynek további kezelése tehát egyszerűbb és olcsóbb, másrészt a keletkezett biomassza bioszorbensként használható nehézfémekkel szennyezett (például bányászati eredetű vagy fotóipari szennyvizek) tisztítására. A kutatás során célunk volt a biomassza-termelés kísérleti/üzemi léptékig történő megvalósítása optimális körülmények között, valamint a képződött biomassza fémadszorpciós tulajdonságainak vizsgálata.

A kutatás első lépéseként – rázatott lombikos kísérleti technikával és statisztikai kísérletterv segítségével – a kiválasztott törzsre (*Dekkera anomalus*, *Brettanomyces*) [1] optimalizáltuk a táptalaj-összeté-

telt. Megállapítottuk, hogy a vizsgált nitrogénforrások közül egyik sem gyakorolt szignifikáns mértékű pozitív hatást a sejthozamra, de az ammónium-szulfáttal való kiegészítés (5 g/l) célszerűnek tűnt. A táptalaj optimalizálása alapján kezdtük meg a laborfermentoros léptékű tenyésztéseket. A fermentációkat szabályozatlan pH mellett 30 °C-on, hagyományos kevert-levegőztetett bioreaktorban végeztük.

Az első, legkisebb laborfermentációs léptékhez Biostat Q 0,8–1 l térfogatú (B.Braun, Melsungen) fermentorokat használtunk 1 l/perc levegőztetés és 1200 l/perc keverés mellett. Így laktózra vonatkoztatva  $Y=55\%$ -os sejthozamot értünk el. A következő fermentációs léptéket jelentette a 24–30 literes Biostat U keverős fermentorban (B.Braun, Melsungen) történő tenyésztés, amit 33 l/perc levegőztetés és 300 l/perc keverés mellett 4%-os inokulálással valósítottunk meg. A sejthozam ekkor  $Y=0,233$  g sejt/g laktóz volt. Végül 200 l térfogatú léptékben is végeztünk fermentációt Biostat 300D keverős fermentorban (B.Braun, Melsungen), amelyhez egy 24 literes léptékű tenyésztés fermentlevét használtuk oltóanyagként (12%). A sejthozam e léptékben  $Y=20,5\%$ -nak bizonyult. Utóbbi léptékű tenyésztés

fermentlevét előbb Westfalia szeparátoron besűrítettük (azaz elválasztottuk gyakorlatilag sejtmentes felülúszóra és egy nagy sejt koncentrációjú frakcióra), majd porlasztva szárítással a sejteket por alakban nyertük ki. A szeparálás során közel ötszörös sűrítést értünk el. A porlasztást 165 °C-os bemenő és 75 °C-os kimenő levegőárammal végeztük, amelynek során a 30 l sűrített sejtuszpenzióból 2,5 kg sejtport kaptunk. Fémadszorpció kísérleteinkhez ezt a sejtport használtuk fel.

A galvanikus eredetű szennyvizet négy nehézfémion oldatával modelleztük: az oldatok 1 mg/l Cd<sup>2+</sup>, 9 mg/l Cr<sup>2+</sup>, 24 mg/l Cu<sup>2+</sup> és 21 mg/l Zn<sup>2+</sup> nehézfémiont tartalmaztak. A kísérleteket különböző pH-értékeken is elvégezve megállapítottuk, hogy a fémadszorpciónak a pH=5 érték kedvez. Az adszorpciót 200 g sejtpor/10 l fémoldat szorbenskoncentráció és keverés mellett szobahőmérsékleten (25 °C) végeztük. Eredményül az idő függvényében az oldatban maradt fémkoncentrációt, illetve a bemérésből és a maradék fémkoncentrációból számított kötött fémkoncentrációt kaptuk (a méréseket a BME Általános és Analitikai Tanszékén végezték Bezúr László irányításával). Ez utóbbi telítési görbe jelleget mutatott, aminek alapján a következők szerint modelleztük az adszorpció folyamatot. Az egyensúlyi reakciók se-

bessége az 1. egyenlet szerint írható fel, ahol [Me] a szabad fém-, [K] pedig a sejtmasszá(ba)n lévő szabad kötőhelykoncentrációt jelenti, a [Me-K] kifejezés pedig a fém–kötőhely komplex koncentrációját, azaz a lefoglalt kötőhelyeket, illetve a megkötött fémet.

A szabad kötőhelyek koncentrációja felírható az elérhető összes (egyensúlyi) kötőhely és az adott időpillanatban elfoglalt kötőhelyek különbségeként [2]. Mivel az egyensúlyban a megkötött fémmennyiségét a Langmuir-egyenlet írja le [3], ezért felírható a 2. egyenlet, ahol  $x$  a sejtpor koncentrációja,  $Q_{\max}$  a bioszorbens maximális fajlagos fémmegkötő képessége és  $K_D$  az egyensúlyi (disszociációs) állandó.

Figyelembe véve, hogy a  $K_D$  egyensúlyi állandó felírható a deszorpció és az adszorpció sebességi együtthatók hányadosaként, az 1. egyenletbe behelyettesítve a 2. egyenletet, a 3. egyenletet eredményezi, amely az oldatban maradt fémkoncentráció időbeli változásának kísérleti adataira illeszthető. Az illesztéshez a Berkeley Madonna 8.01 szoftvert használtuk.

A modell illesztésekor csak a  $k_{\text{adsz}}$ ,  $Q_{\max}$  és  $K_D$  paramétereket hagytuk iteratív módon változtatni a programban. Az illesztés eredményét az 1. ábra



**Németh Áron** 2002-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki karán mint biomérnök, ipari biotechnológia szakirányon. 2003-tól a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Mezőgazdasági Kémiai Technológia Tanszékén doktoráns. Főbb kutatási területei: glicerinszármazékok biokonverziós előállításának vizsgálata, matematikai modellezése; *Enterobacter aerogenes* fermentációjának kinetikai vizsgálata; fehérjetisztítási eljárások vizsgálata.

**Harmati Erzsébet** negyedéves hallgató a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vegyészmérnöki karán, biomérnök szakon, alkalmazott biotechnológia szakirányon.



**Kupcsulik Bálint** 1999-ben végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki karán, mint biomérnök, ipari biotechnológia szakirányon. 1997/98-ban a *University of Georgia* genetika szakán töltött három trimesztet a *Georgia Rotary Student Program* ösztöndíjával. 1999-ben három hónapot a dél-afrikai *University of Stellenbosch* Mikrobiológiai tanszékén töltött a STINT program keretében. 2000-tól a BME Mezőgazdasági Kémiai Technológia Tanszékén doktoráns, 2003-tól tanszéki mérnök. Főbb kutatási területei: fermentációs kinetikai vizsgálatok rekombináns *Pichia pastoris*-, *Aspergillus terreus*-, *Gluconobacter*- és *Enterobacter*-törzsekkel.



**Radnai György** vegyészmérnök, 1965 és 1992 között a BME Vegyipari Műveletek Tanszék oktatója, egyetemi doktor. Oktató és kutató-fejlesztő munkája során vegyészmérnökjelöltek százait oktatta. Tevékenyen részt vett a tanszék kutatási-fejlesztési tevékenységében. 1992 óta reformélelmiszer-fejlesztési és -gyártási, valamint környezetvédelmi kutatás-fejlesztési tevékenységet vezet, a VIRECO Kft. ügyvezető igazgatója.



**Sevella Béla** vegyészmérnök, 1970 óta a BME Mezőgazdasági Kémiai Technológia tanszék oktatója, a tudomány kandidátusa, 1993 óta habilitált professzor, a tanszék és azon belül a fermentációs kutatócsoport vezetője. Főbb kutatási területei: fermentációs technológiák fejlesztése, optimalizálása, fermentációs rendszerek kinetikai, anyagátadási folyamatainak vizsgálata. Az általa vezetett iskolából graduális vegyészmérnökök és biomérnökök százai kerültek ki, több egyetemi doktori és kandidátusi disszertáció készült irányítása alatt, jelenleg is több PhD-hallgató témavezetője.

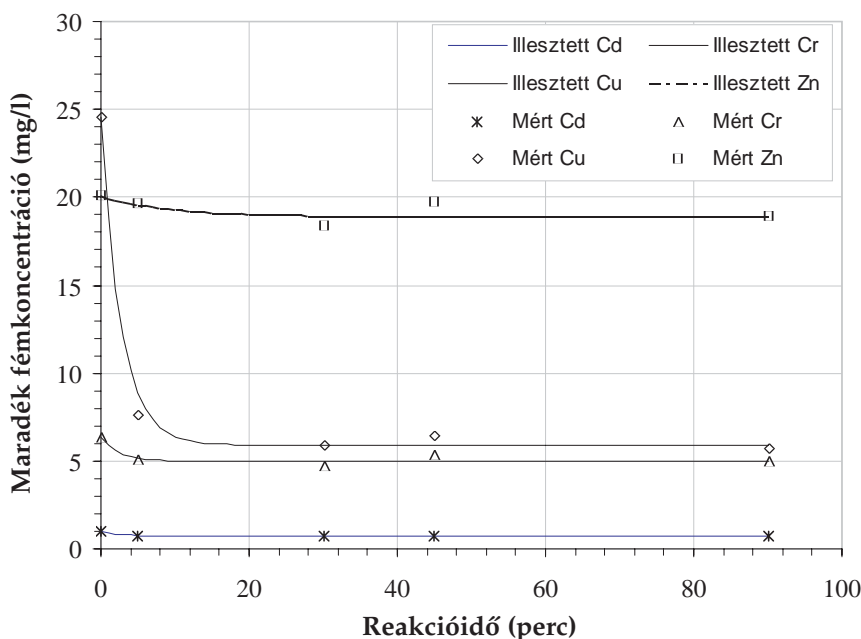




1. egyenlet 
$$-\frac{d[Me]}{dt} = k_{adsz} \cdot [Me] \cdot [K] - k_{desz} \cdot [Me - K]$$

2. egyenlet 
$$[K] = [K]_{\text{összes}} - [K]_{\text{lefoglalt}} = \left( x \cdot \frac{Q_{\max} \cdot [Me]_{\text{egyensúlyi}}}{K_D + [Me]_{\text{egyensúlyi}}} \right) - ([Me]_{\text{kezdeti}} - [Me])$$

3. egyenlet 
$$-\frac{d[Me]}{dt} = k_{adsz} \cdot [Me] \cdot \left( x \cdot \frac{Q_{\max} \cdot [Me]_{\text{egyensúlyi}}}{K_D + [Me]_{\text{egyensúlyi}}} - ([Me]_{\text{kezdeti}} - [Me]) \right) - k_{adsz} \cdot K_D \cdot ([Me]_{\text{kezdeti}} - [Me])$$



$K_{adszCd} = 0,00290065$	$V = 10$
$K_{adszCr} = 0,0079536$	$K_{Cu} = 130,412$
$K_{adszCu} = 9,82257 \cdot 10^{-4}$	$Cu_0 = 24,6$
$K_{adszZn} = 0,00157026$	$Zn_0 = 20,1$
$Q_{maxCd} = 375,058$	$K_{Cr} = 37,5446$
$Q_{maxCr} = 4,80525$	$Cd_{es} = 0,729$
$Q_{maxCu} = 256,204$	$Cr_{es} = 4,95$
$Q_{maxZn} = 0,711323$	$Cd_0 = 0,971$
$m_{dry} = 200$	$Cu_{es} = 5,58$
	$Cr_0 = 6,31$
	$Zn_{es} = 18,6$

**1. ábra** A kísérleti adatok és a modellillesztés eredménye. Jelmagyarázat (amelyekben a Me jel adott fémek vegyjele):  $k_{adszMe}$  – a fémek adszorpciós sebességi együtthatói [1/mg/perc];  $m_{dry}$  – a bemért sejtpor mennyisége [g];  $V$  – a reakcióelegy térfogata [l];  $Q_{maxMe}$  – a bioszorbens maximális fajlagos kötőkapacitása az egyes fémekre [mg fém/g sejtpor];  $K_{Me}$  – a fémek adszorpciójának egyensúlyi állandói [mg/l];  $Me_0$  – a fémek kezdeti koncentrációi [mg/l];  $Me_{es}$  – a fémek egyensúlyi koncentrációi [mg/l].

mutatja be. Az ábrán a mérési pontokat, az illesztett görbéket, valamint az illesztés végén kapott módszerparamétereket egyaránt feltüntettük.

A kísérlet során a százalékos megkötési hatékonyság sorrendje így alakult: Cu 77%, Cd 24%, Cr 21% és Zn 7%. A modellillesztéssel meghatározott maximális kötőkapacitások ( $Q_{max}$ ) ugyanezt a sorrendet állították fel, azaz:  $Q_{maxCu} = 4,03$  mmol  $Cu^{2+}$ /g sejtpor;  $Q_{maxCd} = 3,34$  mmol  $Cd^{2+}$ /g sejtpor;  $Q_{maxCr} = 0,09$  mmol  $Cr^{2+}$ /g sejtpor;  $Q_{maxZn} = 0,01$  mmol  $Zn^{2+}$ /g sejtpor. A meghatározott kinetikai állandók módot nyújtanak kvantitatív módon és tervezhető fémmentesítési technológiák

megtervezésére, elősegítve ezzel egy környezetbarát speciális biotechnológiai szennyvíztisztítás elterjesztését.

### Irodalomjegyzék

- [1] Smith, M. T., van Grinsven, A. M. (1984) *Dekkera anomala* sp. nov., the teleomorph of *Brettanomyces anomalus*, recovered from spoiled soft drinks. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 50: 143-148.
- [2] Kogej, A., Pavko, A. (2004) Mathematical model of lead biosorption by *Rhizopus nigricans* pellets in a laboratory batch stirred tank. *Chem. Biochem. Eng. Q.*, 18: 29-35.
- [3] Kogej, A., Pavko, A. (2001) Comparison of *Rhizopus nigricans* in a pelleted growth form with some other types of waste microbial biomass as biosorbent for metal ions. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 17: 677-685.

Fontos!

Létsak a fiatal  
kutatók!

LL

**SIGMA-ALDRICH Kft.**  
H-1072 Budapest  
Nagy Diófa u. 7. IV. fl.  
Tel.: (06-1)-269-6474  
Fax: (06-1)-235-9050  
E-mail: info@sigma.sial.hu

### Tisztelt Fiatal Kutató!

A Sigma-Aldrich Nemzetközi Részvénytársaság magyarországi leányvállalata 1997-ben, alapításának ötödik évfordulója alkalmából pályázatot hirdetett 35 év alatti, Magyarországon vagy ideiglenesen külföldön ösztöndíjasként dolgozó kutatók részére, akik elsőszerzős közleményekben **Sigma, Aldrich, Fluka, Supelco, Riedel-de Haën, RBI** vagy **Genosys** termékekre hivatkoztak. Hagyományteremtő szándékkal, azóta minden évben meghirdetjük pályázatunkat. A nyertesek sorrendjét a közlemények száma

**I. díj 150.000 Ft**

**II. díj 100.000 Ft**

**III. díj 75.000 Ft**

(Az összegek nettó értéket jelentenek, a pénzdíjakat csak egyszer lehet elnyerni.)

**Benyújtási határidő:** 2005. április 30. **Eredményhirdetés, ünnepélyes díjkiosztás:** 2005. május. A pályázathoz kérjük a tudományos közlemények másolatát csatolni, valamint a hivatkozásokat kiemelni. Akik már nyújtottak be pályázatot, csak a benyújtás óta megjelent közleményeket küldjék, a korábbiakat nyilvánosságba vettük. A pályázatokat az alábbi címre kérjük küldeni: Sigma-Aldrich Kft. 1399 Budapest, Pf. 701/400.

#### **Eddigi nyerteseink:**

**I. helyezettek:** **Török Béla** (Szegedi Tudomány Egyetem TTK), **Szabó Csaba** (MTA KOKI), **Szöllösi György** (Szegedi Tudomány Egyetem TTK), **Balázsik Katalin** (Szegedi Tudomány Egyetem ÁOK), **Vásárhelyi Barna** (Semmelweis Egyetem), **Mócsai Attila** (Semmelweis Egyetem), **Osváth Szabolcs** (Semmelweis Egyetem)

**II. helyezettek:** **Acsády László** (MTA KOKI), **Benyó Zoltán** (Semmelweis Egyetem), **Buglyó Péter** (Debreceni Egyetem TTK), **Forró Enikő** (Szegedi Egyetem ÁOK), **Antal Zsuzsanna** (MTA Szegedi Tudomány Egyetem), **Péter Mária** (Szegedi Tudomány Egyetem GYTK), **Kocsis István** (Semmelweis Egyetem), **Szárász Leonóra** (KÉKI), **Nagy Szabolcs** (Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet), **Kóta Zoltán** (MTA SZBK)

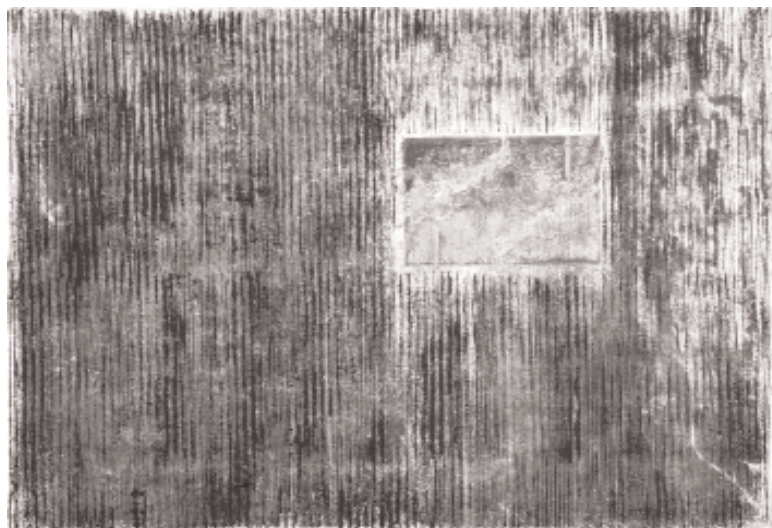
**III. helyezettek:** **Sperlágh Beáta** (MTA KOKI), **Török Gabriella** (Szegedi Egyetem TTK), **Pacher Pál** (Semmelweis Egyetem), **Fási András** (MTA KKI), **Ungvári Zoltán** (Semmelweis Egyetem), **Fodor Elfrida** (MTA SZBK), **Reglodi Dóra** (Pécsi Tudomány Egyetem ÁOK), **Oroszi Gábor** (Pécsi Tudomány Egyetem ÁOK), **Szatmári István** (Debreceni Egyetem OEC), **Kredics László** (MTA Szegedi Tudomány Egyetem), **Lente Gábor** (Debreceni Egyetem TTK), **Szokodi István** (Pécsi Tudomány Egyetem ÁOK), **Fekete Erzsébet** (Debreceni Egyetem TTK), **Kövesdi Dorottya** (ELTE TTK)

Szívélyes üdvözléssel a Sigma-Aldrich Kft. összes munkatársának nevében,  
Budapest, 2005. március

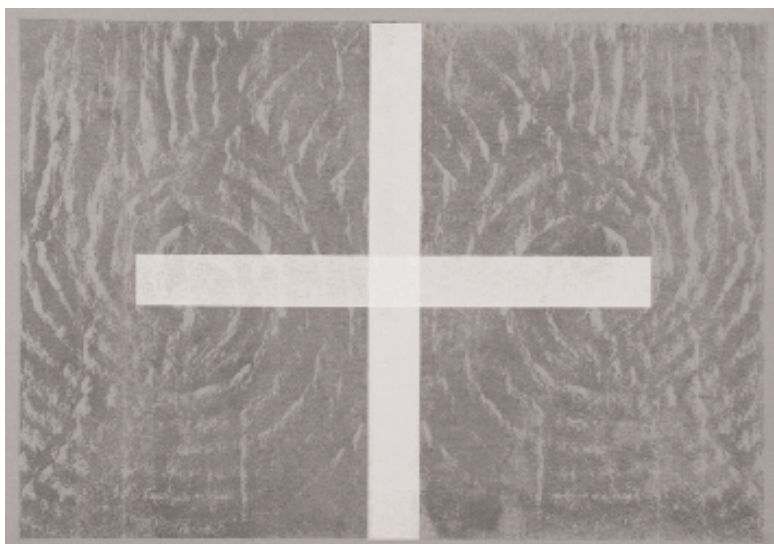
**Dr. Gráf Márta**  
ügyvezető igazgató

**Dr. Matus Ilona**  
ker. és marketingigazgató

**Győrffy Sándor** 1951-ben született Kapolcson. Átala választott művészcsoportokban és idős mesterek mellett tanult festészetet és grafikát. Tizenegy európai országban dolgozott különféle művésztelepeken, illetve szimpozionokon. Ösztöndíjasként hosszabb időt töltött Nyugat-Berlinben és az Egyesült Államokban. Társalapítója volt az 1979–84-ig működő ART-EL művészeti csoportnak. A Muravidék Baráti Kör alapító tagja, a Muravidék című kulturális folyóirat főszerkesztője. Egyebek között a Magyar Alkotóművészek

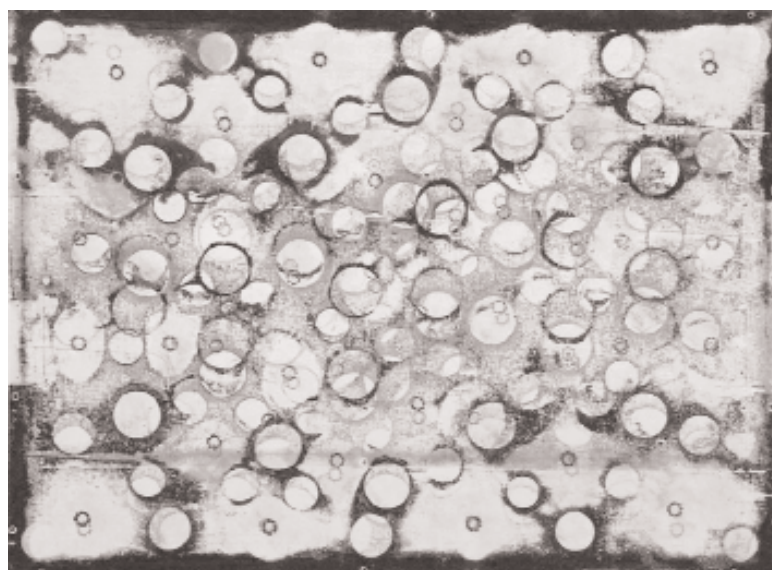


*Győrffy Sándor, Sötét víz partján 1 (1998), monotípiá*



*Győrffy Sándor, Mágikus spirál 5 (2000), szitanyomat*

kiállításon vett részt. Művei megtalálhatók a Magyar Nemzeti Galériában és magyar múzeumokban, valamint számos külföldi kiállítóhelyen (Kanagawa Galery, Yokohama; Maltinranta Museum, Tampere; Haus am Checkpoint Charlie, Berlin; Colorado Galery, Denver; Hampton Art Foundation, New York stb.) Köztéri munkái, szobrai állnak Bécsben, Ceské Budejovicén és Bélavárott. A természeti formák és az élővilág motívumai – néha elvontabban, máskor felismerhetőbben – jelennek meg műveiben.



*Győrffy Sándor, Interferenciák 5 (2000), monotípiá*

Országos Egyesületének, a Magyar Grafikusművészek Szövetségének és a Magyar Képzőművészek és Iparművészek Szövetségének tagja, valamint a kapolcsi Művészetek Völgye rendezvény egyik szervezője 1992 óta.

A következő műfajokban alkot: egyedi és sokszorosított grafika, fotó, festészet, szobrászat, mail-art, térberendezés, land-art, performance. Korábbi működési területei: kísérleti színház és film. 1975 óta kiállító művész. Eddig kb. negyven önálló kiállítása volt, és mintegy százötven csoportos

# Mindent a gombákról

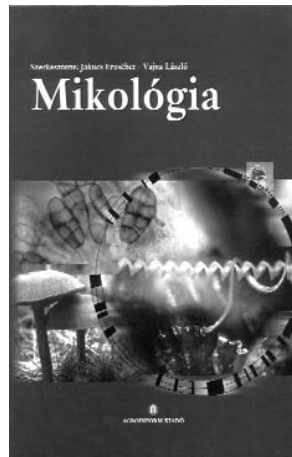
**Jakucs Erzsébet, Vajna László (Szerk.):  
MIKOLÓGIA**

(Könyvismertetés)

Agroinform Kiadó, Budapest, 2003

A 2003 végén megjelent Mikológia című könyv fontos és hiánypótló mű, hiszen e szakterületen, magyar nyelven, ehhez fogható nagyszabású összefoglalás eddig még nem született. A mikológia csakúgy hazánkban, mint a világ más részein, mára már önállósult tudományág, mely hosszú csatát vívott identitásáért, amíg a botanika, a növénykórtan és a mikrobiológia árnyékából sikerült kilépnie. A szerzők céljai közt szerepelt, hogy korszerű egyetemi tankönyvet alkossanak, mely kézikönyvként, a „gombától fertőzött” kutatók mellett a gyakorlati szakemberek számára is hasznosítható tudást foglal magába. Emellett igen fontos és kívánatos volt, hogy egy modern szakkönyv is megjelenjen, mely – egyebek között – megalapozza az egységes magyar (magyaros) mikológiai terminológiát és írásmódot is. Az Agroinform Kiadó gondozásában megjelentetett könyv ötvözi magában e két célkitűzést, s egyetemi hallgatóknak és gyakorló szakembereknek egyaránt magas szintű és naprakész tudásanyagot nyújt. Az A/4 méretű, 478 oldalon 151 színes, tablókba rendezett fotót és 235 fekete-fehér vonalas ábrát és fotót tartalmazó könyv hét önálló fejezetben tárgyalja a mikológia tárgyát, a gombák világát. A szerkesztői előszó és a bevezető fejezet közti néhány oldalon megismerhetjük a népes szerzői gárda tagjainak rövid szakmai életrajzát, szűkebb szakterületét. A húsz szerző mindegyike e tudományterület jeles képviselője, a mikológia elméleti vagy gyakorlati művelője: kutató, egyetemi tanár, mérnök; több évtizedes mikológiai kutatói tapasztalattal.

Az első fejezet rövid áttekintést ad a mára önálló diszciplínává előlépő mikológia kezdeteiről, első írásos dokumentumairól, mérföldköveket jelentő nagy tudósairól, a tudományág alakulásáról, jelenéről, a jövő lehetséges útjairól az elméleti és alkalmazott kutatás terén. A könyv egészét átszövi a molekuláris biológia, hiszen napjainkban a biotechnológia forradalmát éljük. Ennek hatására olyan tudományos innovációk születnek, melyek



alaposan átformálják eddigi tudásunkat. „Gombamód” szaporodnak az újabb és újabb tudományos eredmények a molekuláris biológia, a genomika területén. A megszerzett új tudás birtokában jobb és pontosabb képet kaphatunk a minket körülvevő világról, az élőlényekről, magunkról.

A gombák szerveződését és egyedfejlődését áttekintő, második fejezet a gombasejt mint eukariótaképződmény felépítését, jellemzőit, alkotóit mutatja be. Kitér a többsejtes struktúrák leírására, az álszövetes szerveződésekre, továbbá az ivaros és ivartalan szaporodás sejtciklustól való függésére. A gombák világára egységes filogenetikai rendszert kidolgozni eddig nem sikerült. Ennek csupán egyik oka a gombák rossz fosszilizációja, és emiatt kőületeik hiánya. E munkát inkább nehezíti, mint könnyíti a gombák igen nagy száma és sokfélesége, de éppenséggel egyszerű morfológiai felépítésük is. A leírt fajok száma 75 ezer körüli, ám becslések szerint ez csak körülbelül 8%-át teszi ki az összes létező fajnak. Ismereteink napról napra bővülnek, ennek megfelelően a gombák rendszertana is állandóan változik. A hagyományosnak nevezhető filogenetika, mely az összehasonlító morfológiára, a sejttal összetételén alapuló és egyéb sejttani vizsgálatokra, a finomszerkezet és az anyagcsere tanulmányozására épült, mára kiegészült a molekuláris biológiai módszerekkel nyert információkkal. A korábbi fenotípusos rendszerezés bizonyos esetekben taxonómiai megerősítést nyert a molekuláris vizsgálatok során (pl. Zygomycetes, 18S rDNS-szekvenciaelemzés), más esetekben jelentős korrekciókra volt (és még lesz is) szükség (*Fungi imperfecti*).

A könyv harmadik fejezete foglalkozik a gombák filogenetikai rendszerezésével, mely bővelkedik a nehézségeket felvető kérdésekben, taxonómiai anomáliákban, továbbá olyan dilemmákban, mint amilyen maga a „faj” fogalom értelmezése is. Máig vi-

tatott, hogy ennek rokonságon alapulónak avagy az összehasonlítható tulajdonságokban rejlőnek kell-e inkább lennie. Bemutatásra kerülnek a gombavilág Protozoa (nyálkagombák), Chromista (gombaszerű szervezetek, „moszatgombák”), illetve Fungi (valódi gombák) regnumai, az egyes törzsek és kisebb kategóriák főbb jellemzőivel, fajok példáival. A fejezet ismerteti a gombarendszertani kutatásokban alkalmazott főbb molekuláris biológiai és biokémiai módszereket (RFLP- és PCR-technikák). Szó esik a rendszertani adatok számítógépes feldolgozásának néhány lehetőségéről, a numerikus taxonómiáról és a cluster-analízisről.

A negyedik, Gombaélettan című fejezet részletesen tárgyalja a gombák tápanyaglebontó és energiatermelő folyamatait biokémiai szinten, emellett bemutatja az egyes sejtalkotók felépülésének bioszintetikus útjait. Az élettani folyamatokról szóló alfejezet ismerteti a tápanyagok útját a gombasejten belül, a felvételtől a raktározásig és felhasználásig, továbbá kitér a növekedési és szaporodási folyamatokra.

A hagyományos genetika, valamint a rohamléptekkel fejlődő molekuláris biológia és genomika egyaránt sokat köszönhet a gombáknak, melyek igazán ideális modellszervezetei voltak számos alapvető tudományos felismerésnek. A mikológiai kutatásokra épülve születhetett meg egyebek mellett az „egy gén – egy enzim” hipotézis, a „gén a génnel szemben” elv, a sejtciklus-szabályozás molekuláris biológiai magyarázata, de gombakutatás eredménye például a génkonverzió jelenségének leírása és a tetrádanalízis-módszer kifejlesztése is – derül ki a gombák genetikájáról szóló, ötödik fejezetből. A könyv szerkesztésekor már két gombafaj teljes genetikai térképe ismert volt, de ennél is több szekvenálási projekt van folyamatban, melyek eredményei – a remények szerint – jól használhatóak lesznek az evolúciós kutatásokban, ám a legtöbbet mégis a humánpatogén gének azonosításától és analizisétől várják. Ugyancsak e fejezetben találjuk a genetikai vizsgálatok során alkalmazott fontos kariotípus-analízismódszerek bemutatását, és itt olvashatunk a gombák genetikai szerveződésének és öröklődésének felismert szabályszerűségeiről. Természetesen külön szó esik a molekuláris klónozás lehetőségeiről és elért eredményeiről gombákban.

A gombák ökológiáját tárgyaló hatodik fejezet bemutatja a gombák életmódtípusok, élőhelyek és táplálkozási sajátosságok szerinti széles spektrumát, kitérve a környezeti tényezők és az interspecifikus kölcsönhatások meghatározó szerepére. Példák hosszú sorát találjuk gombák szimbiotikus vagy szinparatikus együttélésére más gazdaszervezetekkel: baktériumokkal, algákkal (zuzmók), mohákkal, harasztokkal, fenyőfélékkel, rovarlárvákkal, rágcsálókkal. Ökológiai – és nem utolsósorban gazdasági – szempontból különösen kiemelkedő jelentőségűek a mikorrhizák, azaz gomba-gyökér szimbiózisok, melyekkel kapcsolatban intenzív kutatások folynak (például termésfokozás érhető el vezikuláris-arbuskuláris mikorrhiza (VAM) oltóanyagainak mesterséges mikorrhizálásával mezőgazdasági növényeken).

Az utolsó, Alkalmazott mikológia című fejezet a humán és állatorvosi tudomány, a növénykórtan, az erdészet, az élelmiszeripar és biotechnológia gombákkal kapcsolatos területeivel foglalkozik. Bemutatja a gombák okozta betegségeket, azok tüneteivel, a kezelés lehetőségeivel, egyszersmind a védekezés és a megelőzés módjaival. Külön részfejezetet kaptak a természetfajok, melyből megismerhetjük az ehető gombák termesztésének módszereit és feltételeit, a termesztés helyzetét a világon és Magyarországon. Talán nem is oly távoli jövő képét festi elénk a gombák környezetvédelemben és (biológiai) növényvédelemben betöltött/betöltendő szerepét tárgyaló részfejezet, mely gombakórokozók alkalmazását vetíti előre például a biológiai gyomirtásban, de ugyanígy jelentős lehet majd bizonyos gombafajok alkalmazása nehézfémekkel, xenobiotikumokkal szennyezett területek rekultivációjában, fa alapú hulladékok lebontásában, illetve a szennyvíztisztításban.

Az egyes fejezetek végén a témához kapcsolódó hazai és külföldi szakirodalomból találunk válogatott ajánlást. Külön érdeme a rendszertani fejezetnek, hogy a fejezethez kapcsolódó webhelyeket is felsorol. A fejezetek decimált felosztása a keresést és tájékozódást a tartalomban nagyban megkönnyíti. További segítséget jelentenek a könyv végén található Szakkifejezés, illetve Gombataxonok című indexek, valamint a szövegben fellelhető, fejezetek közötti kereszthivatkozások.

*Maloschik Erik*

# Királis molekulák: az élet keletkezésétől az élelmiszerekig

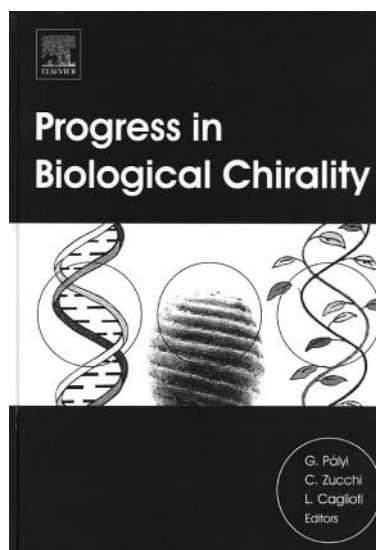
Gyula Pályi, Claudia Zucchi,  
Luciano Cagliotti:  
**PROGRESS IN BIOLOGICAL  
CHIRALITY**

(Könyvismertetés)

Elsevier Ltd. Oxford, UK

2003 májusában Modenában rendezték meg a „3rd Interdisciplinary Symposium on Biological Chirality” konferenciát, amely a biológiai kiralitás témakörével foglalkozó kutatók hagyományos találkozójának tekinthető. Folytatva a korábban Serramazzoniban (1998) és Szegeden (2000) bemutatott új tudományos eredmények ismertetését, a világ több országából mintegy 100 kutató és egyetemi oktató számolt be legújabb kutatási eredményeiről. Aki először vett részt a konferencián, meglepődhetett azon, hogy a tudomány milyen sok területén foglalkoztatja a tudósokat a kiralitás problémája. A rendezvényt követően a konferencia 50 előadásából 32 teljes anyagát szerkesztették kötetbe Gy. Pályi vezetésével.

Az *Advances in BioChirality* című könyv sikere nyomán a *Progress in Biological Chirality* egyedi áttekintést nyújt a biokiralitás kutatási területéről. Az élő szervezetek a biológiai folyamatok többségében a királis molekuláknak csupán egyik enantiomer formáját hasznosítják, s e szelektivitás pontos eredete mind a mai napig feltáratlan. A *Progress in Biological Chirality* interdiszciplináris megközelítésben fordul ezen izgalmas tudományterület felé, fejezetei felölelik a kiralitás szinte minden területét a királis molekulák kialakulásától, azok meghatározásán keresztül az élő szervezetben betöltött szerepükig, neves, a tudományos életben elismert személyiségek segítségével. Közülük kiemelném Kenso Soai professzort és kutatócsoportját, akik a biológiai kiralitás eredetének vizsgálatokor, valamint az enantio szelektív szintézis tanulmányozása során felfedezték a királis autokatalízis jelenségét, amikor is egy királis molekula katalizátorként hat saját képződési folyamatára. Ennek ismertetése mellett a könyv 429 oldalon keresztül részletesen tárgyalja a homokiralis biomakromolekulák eredetét, kialakulását, a *D*-cukrok, az *L*-aminosavak, az RNS és a



DNS prebiotikus molekuláris evolúcióját, a különféle diasztereomereket, az élet molekuláris eredetét, az *L*- és *D*-aminosavak szétválasztását és meghatározását, a *D*-aminosavak felhasználását a kormeghatározásban, a biokiralitás eredetének problé-

máit, az élő szervezetek specifikus szimmetriáját, a biomolekulák és a homokiralitás eredetét, az enantiomerek keletkezésének lehetséges mechanizmusait, valamint az *L*-aminosavak hatását más aminosavak királis szintézisére. Ezentúl olvashatunk a kiralitási jelenségekről különféle összetett zárványkomplexekben (melyről a fejezet szerzője, Julius Rebek a *Biokémia* hasábjain is beszámolt [1]), a fémion-katalízisről, a mágneses tér homokiralitásra gyakorolt hatásáról és az aszimmetrikus autokatalízisről a királis molekulák kialakulása során, valamint a királis transzferről, élelmiszerek *D*-aminosav-tartalmáról, a *D*- és *L*-aminosavak eltérő biológiai hatásáról, királis illó élelmiszer-aromákról, és az óramutató járásával azonos vagy ellentétes irányban csavarodott élőlények evolúciójáról. A könyvet mind az elméleti tudományt kedvelők, mind a gyakorlathoz közelebb álló szakemberek, egyetemi és PhD-hallgatók érdeklődéssel forgathatják, hisz szinte nincs olyan része a homokiralitással foglalkozó tudománynak, amelyet ne érintene a könyv valamelyik fejezete. A tanulmánykötetet még értékesebbé teszi számomra, hogy fejezetei közül nyolcat magyar szerzők írtak, bizonyítva, hogy e tudományágat hazánkban is magas szinten művelik.

## Irodalomjegyzék

- [1] Rebek, J., Jr. (2002) Recognition, self-complementarity and autocatalysis. *Biokémia*, XXVI: 11-14.

Csapó János

# Az Ingeny International hatékony DGGE rendszere

A denaturáló gradiens gélelektroforézis (DGGE) módszer a kétszálú DNS egy fontos fizikai tulajdonságán, az olvadási hőmérsékleten ( $T_m$ ) alapul, mely a DNS bázisösszetételétől függ. A  $T_m$  változásához akár egy bázispár cseréje is elegendő. A DGGE során az előzetesen PCR eljárással felszaporított DNS poliakrilamid denaturáló gradiens gélben vándorolva részlegesen megolvad. A részlegesen felnyílt DNS-darabok mobilitása nagymértékben lecsökken. Ez azonos méretű, de különböző bázis-összetételű fragmentumok esetén eltérő futási magasságban történik, vagyis a módszer kiválóan alkalmas mutációk detektálására. A kémiai gradienst karbamid és formamid segítségével alakítjuk ki, az elektroforézis irányával párhuzamosan vagy arra merőlegesen. Adott karbamid-/formamidkoncentráció megfelelő pufferhőmérséklet (többnyire 50–65 °C) mellett körülbelül hasonló hatású, mint a sokkal magasabb hőmérséklet denaturáló ágens nélkül. A felbontás fokozható ún. GC-clamp amplitikonhoz történő „ragasztással” (az egyik primer 30–40 bázisnyi hosszúságú G-C nukleotidokban gazdag szakaszt is hordoz), mely magas kötési energiája révén meggátolja a teljes denaturálódást az elektroforézis során.

A holland Ingeny International cég által gyártott *INGENYphorU* vertikális elektroforézisrendszer egyszerű és hatékony lehetőséget nyújt a DGGE eljáráshoz, mellyel gyakorlatilag minden bekövetkezett mutáció detektálható. Az *INGENYphorU* ezen túlmenően kiválóan alkalmas rokon metodikákhoz, úgymint a konstans denaturáló gélelektroforézis (CDGE), az egyszálú konformációs polimorfizmusok vizsgálata (SSCP), a hőmérséklet-gradiens gélelektroforézis (TGGE), a heteroduplex-analízis (HA), valamint a fehérjecsonkolódási teszt (PTT) módszerekhez is. Az *INGENYphorU* főbb részei: az elektroforézis-kazetta (mely egyben öntőforma is), az elektroforézis-tank, valamint a gradienskészítő. A poliakrilamidgél-öntést a kazettához tartozó távtartó egyedi kialakítása teszi egyszerűvé, és ami még ennél is fontosabb, reprodukálhatóvá. A DGGE metodikához szükséges primertervezéshez az Ingeny Javaalapú szoftvert is kínál. A *MelTINGENY* programban a szekvencia megadásán túl beállításokat tehetünk a primerre, illetőleg a GC-szakaszra vonatkozólag. Az Ingeny továbbá humámdiagnosztikai céllal egyre növekvő számban kínál mutáció detektálására kész primereket is.

Somlai Zsolt

...mert léteznek a tökéletes!



**BECKMAN  
COULTER**

a genetikában:

**GenomeLab**

kapilláris elektroforézis készülékek  
SNPstream genotípiázó rendszer

a proteomikában:

**ProteomeLab**

protein frakcionáló rendszerek  
protein karakterizáló rendszerek  
UV/Vis spektrofotométerek  
foton korrelációs spektroszkóp (PCS)

a sejtbiológiában:

**Cellular Analysis**

flow cytometer  
sejtszámlálók  
sejtszortírozók

robotok, automaták, centrifugák, ultracentrifugák,  
microplate műszerek, spektrofotométerek, HPLC-k,  
pH-mérők, reagensek, ELISA kitek



**BIO-SCIENCE**

## EGYESÜLETI HÍREK

A Magyar Köztársaság Elnöke 2004. március 15. alkalmából a legmagasabb állami elismeréssel,  
**Széchenyi-díjjal** tüntette ki egyesületünk tagjait:

**FŐS S LÁSZLÓ**-t, az MTA rendes tagját,

a Debreceni Egyetem Orvos- és Egészségtudományi Centrum Biokémiai  
és Molekuláris Biológiai Intézete igazgatóját,

a sejtélettan területén nemzetközileg is kiemelkedő munkásságáért, a programozott sejthalál mechanizmusának feltárásáért, továbbá sikeres gyógyszer- és diagnosztikumfejlesztési tevékenységéért és fehérjekutatásban elért eredményeiért;

**Freund Tamás**-t, az MTA levelező tagját,

az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet igazgatóját,

az agy alapvető működésében, a memóriatárolásban és az érzelmvilág befolyásolásában fontos szerepet játszó ideghálózatok működési elveinek feltárásában tett alapvető felfedezéseiért és a szervezetben is előforduló, marihuánához hasonló anyag érzékelő receptorainak felfedezéséért;

**Hemecz István**-t, a kémiai tudomány doktorát,

a CHINOIN Gyógyszergyár Rt. Preklinikai fejlesztésvezetőjét,

kiemelkedően jelentős gazdasági eredményt biztosító, nemzetközileg elismert gyógyszerkutatói munkájáért és több évtizedes magas szintű tudományos szervező és iskolateremtő tevékenységéért,

valamint a **Magyar Köztársasági Érdemrend lovagkeresztje** kitüntetését adományozta

**Csemely Péter** egyetemi tanárnak, az orvostudomány doktorának.

A Magyar Biokémiai Egyesület nevében szívből gratulálunk,  
és további eredményes munkát kívánunk a kitüntetetteknek.



# SZKARABEUSZ

Szkarabeusz Környezetvédelmi és Kereskedelmi Kft.; Pécs, Nagy Imre u.148.  
Vegyszerbolt, raktár: Pécs, Verseny u.17. Tel.: 72/532-828, Fax.: 72/532-829  
skarab@axelero.hu • www.szkarabeusz.hu

## SERVA

Electrophoresis

### Fine Biochemicals

- Gyógyszerkönyvi minőségű anyagok: antibiotikumok, aminosavak,
- Antibiotikumok: Cerulenin, Geldanancin, Nigericin, Rapamycin, Trichostatin A, Vancomycin
- Elektronmikroszkópia: SPURR Embedding Kit
- Fehérjekémia: 50 különböző Proteáz inhibitor, inhibitor mixek
- Jelátvitel: 6 új Protein kináz

### Electrophoresis

- SERVALYTE Blank PRECOTES
- NetFix technológia; PreNets gél
- SDS PreNets blotting kit
- dialízishez: DiaEx Midi Kit
- Protein Concentration Kit
- Festékek
- Fehérje: Standardok, Proteome Markers
- Nukleinsav elektroforézis, Native PreNets
- Submarine Electrophoresis
- Software: Digital Image Analysis System, Cell explorer

### Life Sciences

- DNase, RNase mentes reagensek, vegyszerek
- Nukleotidok és keverékeik
- Protoplaszt fúzió: Fancelase

### Collagenase

- Collagenase NB szövettani felhasználásra

### Ion exchange media

- Serdolit, DOWEX, Servacel

### Enzimek/koenzimek/inhibitorok

## Panreac

Panreac Química S.A.

### Finomvegyszerek, reagensek

- **Műszeres analízishez szükséges termékek**  
HPLC oldószerek: GG, isokratikus, prep.  
Ion-pár reagensek, oldószerek peszticid szermaradvány analízishez  
Spektroszkópiás oldószerek (UV, IR)  
GC standardok
- **Vízmentes, szárított oldószerek**
- **Deuterizált anyagok NMR analízishez**
- **Nyomelem-analízishez reagensek**  
Analpur (szennyezőanyag csak ppb tart.)  
Hiperpur (szenny.a. **kevesebb**, mint 1 ppb)  
Hiperpurplus (szenny.a. **kevesebb**, mint 100 ppt)  
Alacsony Hg-tartalmú reagensek  
AAS standardok, ICP standardok
- **Nagy tisztaságú oldószerek:** n-Hexán, Acetonitril, Aceton, Diklórmétán, Metilalkohol stb.
- **Nagy tisztaságú savak, reagensek:** HCl, HNO<sub>3</sub>

### CULTIMED Mikrobiológiai termékek

### CODEX: Gyógyszerkönyvi minőségű alapanyagok

**ADITIO:** Élelmiszer-ipari minőségű alapanyagok  
(antioxidánsok, stabilizátorok, pH-szabályozók, ásványi sók stb.)



# Sartorius magyarországi képviselője

[www.s-membran.hu](http://www.s-membran.hu)

## Laboratóriumi szűrőstechnika

- Laboratóriumi előszűrők
- Membránszűrők
- Vákuumszűrés eszközei
- Nyomás alatti szűrés eszközei
- Szűrőpapírok, extraháló hüvelyek
- Kvarc- és üvegszűrők

## Sartorius BBI Systems GmbH készülékek

- Laboratóriumi fermentorok
- Rázógépek, inkubátorok
- Homogizátorok, centrifugák

## Laboratóriumi nagy tisztaságú vizet előállító berendezések

## Laboratóriumi mérlegek

- Mikro- és félmikromérlegek
- Analitikai mérlegek
- Táramérlegek
- Nedvességtartalom-meghatározó készülékek
- Fajsúly-meghatározó készülék
- Pipettakalibráló készülék



# membran

## Laboratóriumi ultraszűrés eszközei, bioszeparáció

- Centrifugális koncentrátorok
- Gáznyomásos koncentrátorok
- Oldószer-adszorpciós koncentrátorok
- Tangensirányú szűrés
- Membránadszorber



## Mikrobiológia

- Levegőmonitorozás
- Táptalajkorongok
- Endotoxin meghatározásához szükséges reagensek, pipetták, műszerek

## Laboratóriumi bútorok, berendezések (Köttermann)

- Laboratóriumi bútorok
- Vegyifülkék
- Vegyszertároló szekrények
- Kiszolgálórendszerek
- Irodabútorok



H-2092 Budakeszi, Kagyló u. 5.  
e-mail: [s-membran@s-membran.hu](mailto:s-membran@s-membran.hu)

Tel.: +36 23 457227  
Fax: +36 23 457147

**Whatever the length,  
whatever the sequence,  
the FailSafe™ PCR System  
will faithfully amplify  
your template every time.**

# Never fail at *PCR*. **We Promise.**

We're scientists like you and we don't like making grandiose claims. However, this time we're making an exception.

We truly believe that if you use the FailSafe™ PCR System you will never have an unsuccessful PCR reaction, no matter what your template.

**That's why we signed this ad, and that's our promise to you.**

The FailSafe PCR System is a very different product. It is truly a much better way to amplify your DNA.

**Our patented PCR Enhancement Technology (with betaine\*) makes it very consistent from reaction to reaction. It's also a high fidelity system that makes many fewer mistakes than Taq. It's a long PCR system that amplifies any template up to 20 kb in length. And it's a "tough template" system that will amplify even the highest GC DNA.**

*We back our promise with a money-back guarantee. If you're not happy, you don't pay.*

We're confident that if you use the FailSafe System you will always have successful PCR.

\*The use of betaine in DNA or RNA polymerase reactions is covered by patent rights exclusively licensed to EPICENTRE Technologies. This product is accompanied by a limited license to use it in the Polymerase Chain Reaction (PCR) and RT-PCR in life science research in conjunction with a Thermal cycler which uses the substantial performance of the PCR System in conjunction with up to 1000 cycles. For further information, contact Applied Biosystems or other PCR System manufacturers.



**EPICENTRE**  
www.epicentre.com  
888-824-8794

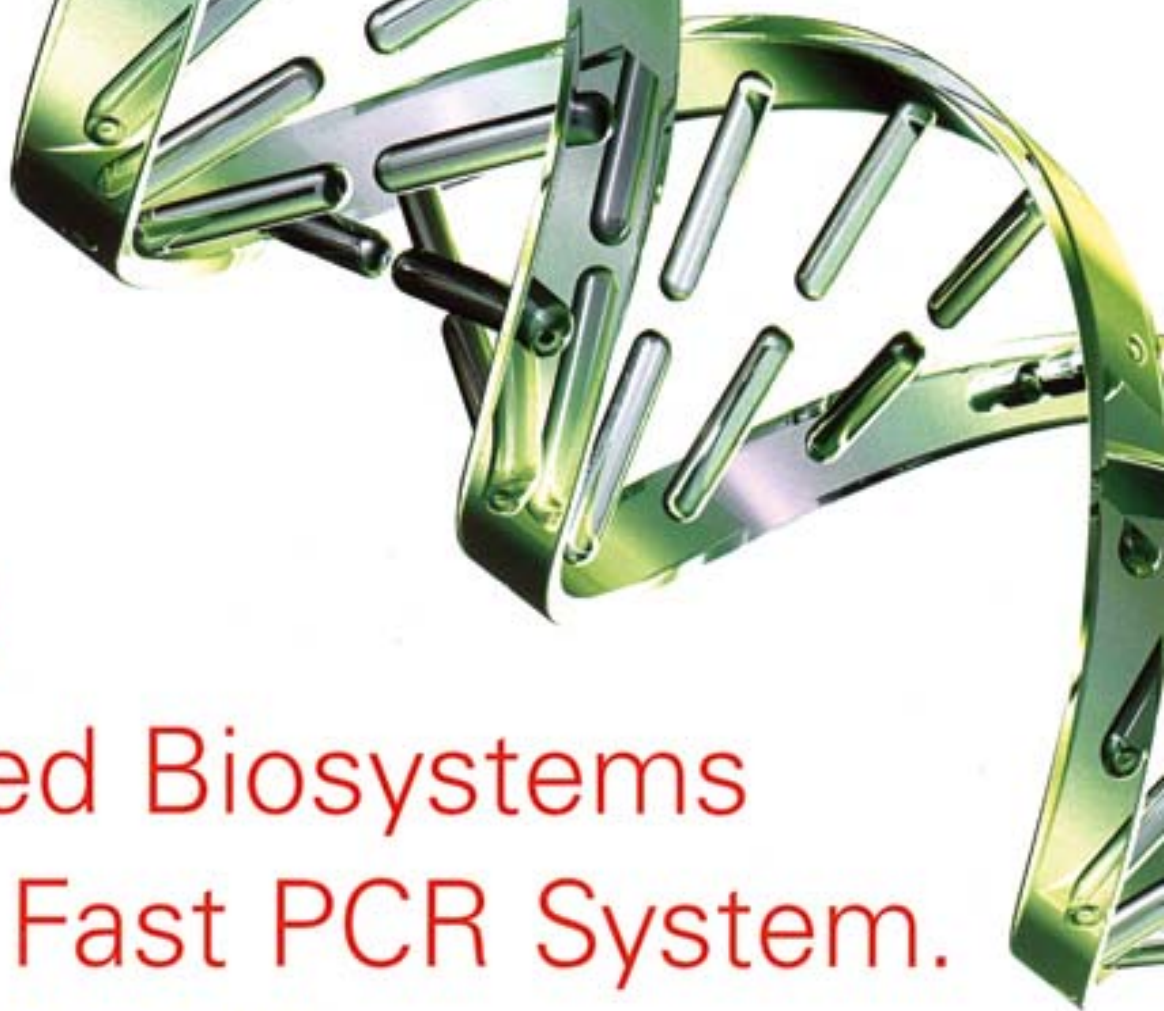
Circle 41 on Reader Service Card

**NEW! Easy Shortcut to Product Information**  
For more information, go to our website at [www.epicentre.com](http://www.epicentre.com)  
and enter this QuickInfo code: **FSA08**

**kvalitex**

Tudományos, Technológiai, Kereskedelmi Kft. • Scientific, Technological, Trading Ltd.

H-1136 Budapest, Pannónia u. 7. Tel: (36-1) 340-4700 Tel./fax: (36-1) 339-0374 E-mail: [kvalitex@axelero.hu](mailto:kvalitex@axelero.hu)



# New!

# Applied Biosystems

# 9800 Fast PCR System.

PCR in just 25 minutes.



The 9800 Fast PCR System is the first fully integrated solution delivering fast PCR performance in a standard 96-well format. The system reduces PCR reaction time from two hours to 25 minutes or less—advancing you quickly to the next step of your research. With the fast-optimized system including the 9800 thermal cycler, GeneAmp<sup>®</sup> reagents, integrated consumables, and world-class technical support, you can count on fast, reliable results. Put your trust in the 9800 Fast PCR System for faster PCR performance—visit [www.appliedbiosystems.com/9800](http://www.appliedbiosystems.com/9800)



Applied Biosystems provides the innovative products, services, and knowledge resources that are enabling new, integrated approaches to scientific discovery.

**AB** Applied Biosystems

For Research Use Only. Not for use in diagnostic procedures. Practice of the patented polymerase chain reaction (PCR) process requires a license. The Applied Biosystems 9800 Fast PCR System Thermal Cycler base unit in combination with its immediately attached Applied Biosystems 9800 Fast PCR System Thermal Cycler sample block module is an Authorized Thermal Cycler for PCR and may be used with PCR licenses available from Applied Biosystems. Its use with Authorized Reagents also provides a limited PCR license in accordance with the label rights accompanying such reagents. GeneAmp is a registered trademark of Roche Molecular Systems, Inc. Applied Biosystems is a registered trademark and AB (Design), Applied, Science, and Science (Design) are trademarks of Applied Biosystems or its subsidiaries in the US and/or certain other countries. ©2004 Applied Biosystems. All rights reserved.