

A TARTALOMBÓL:

- Wigner Jenő különleges éve Oak Ridge-ben
- Az enzimektől a nanozimekig
- Protonpumpák
- Az allergia és a textilek
- Nyerít a kémcső!



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXVII. ÉVFOLYAM • 2022. NOVEMBER • ÁRA: 850 FT

## A Nemzetközi Kémiai Torna ezüstérmes magyar csapatai



A lap megjelenését  
a Nemzeti Kulturális Alap  
támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány  
a Magyar Tudományos  
Akadémia támogatásával  
készült

## KELL A JÓ TANÁR

# varioMACRO cube

## MODULÁRIS SOKRÉTŰ ELEMENALÍZIS



**elementar**  
Analysensysteme GmbH

EXCELLENCE IN ELEMENTS

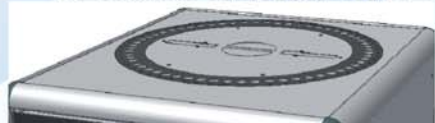


**AKTIV INSTRUMENT Kft.**

ANALITIKAI BERENDEZÉSEK, AUTOMATA ANALIZÁTOROK  
1145 Budapest Pétervárad u. 14.  
Tel.: (1)-789-2778, Fax: (1)-785-8489  
Mail: kozpont@aktivinstrument.hu  
web: www.aktivinstrument.hu

- mintabemérés 0,1-1500 mg

**Autosamplerek  
szilárd mintákhoz**



60, 80 és 120 férőhely

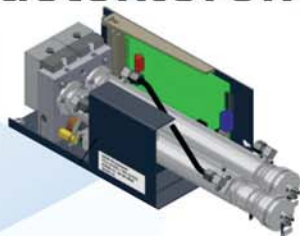


- He és Ar vivőgáz átkapcsolhatóan

**Autosampler  
folyadék  
mintákhoz**



**TCD, NDIR, EC  
detektorok**

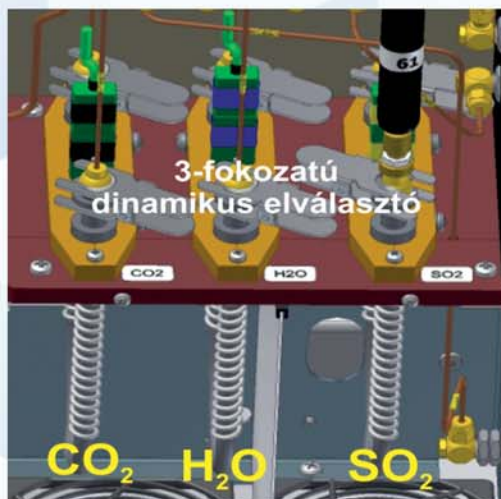


**üzemmódok:**

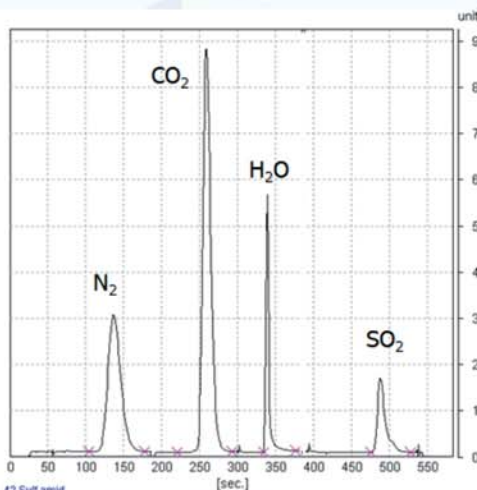
**CHNS  
CNS  
CHN  
CN  
N**

**További  
mérhető  
paraméterek:**

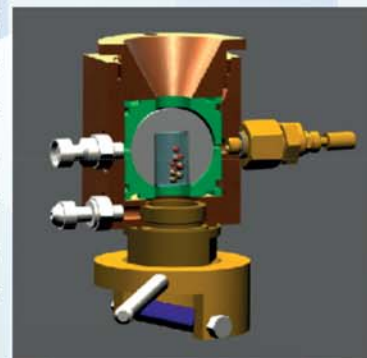
- oxigén
- klór
- TOC
- TIC



mérés akár 7000:1 C:N elemaránynál!



éles peak-elválasztás  
mátrix-független kalibráció



garantáltan  
vak-mentes mintabeadás



A Magyar Kémikusok Egyesületének  
– a MTE SZ tagjának –  
tudományos ismeretterjesztő  
folyóirata és hivatalos lapja

## Szerkesztőség:

Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS  
[SZEKERES GÁBOR] örökös főszerkesztő  
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA  
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE

## Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,  
LENTE GÁBOR, NAGY GÁBOR,  
PAP JÓZSEF SÁNDOR, [RITZ FERENC],  
ZÉKÁNY ANDRÁS

Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

## Szerkesztőbizottság:

SZÉPVÖLGYI JÁNOS,  
a szerkesztőbizottság elnöke,  
[ANTUS SÁNDOR], BIACS PÉTER,  
BUZÁS ILONA, HANCSÓK JENŐ,  
JANÁKY CSABA, KALÁSZ HUBA,  
KEGLEVICH GYÖRGY, KOVÁCS ATTILA,  
[LIPTAY GYÖRGY], MIZSEY PÉTER,  
NEMES ANDRÁS, ifj. SZÁNTAY CSABA,  
SZABÓ ILONA, TÖMPE PÉTER,  
ZÉKÁNY ANDRÁS

Kapják az Egyesület tagjai és a megrendelők  
A szerkesztésért felel: KISS TAMÁS

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.  
Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883  
Fax: 36-1-201-8056  
E-mail: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete  
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA  
Nyomdai előkészítés: HORVÁTH IMRE  
Nyomás: Europrinting Kft.  
Felelős vezető: ENDZSEL ERNŐ  
ügyvezető igazgató

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete  
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank  
10700024-24764207-51100005 sz.  
számlájára „MKL” megjelöléssel  
Előfizetési díj egy évre 10200 Ft  
Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti  
a Batthyány Kultur-Press Kft.,  
H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.  
1251 Budapest, Postafiók 30.  
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:  
SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,  
1015 Budapest, Hattyú u. 16.  
Tel.: 36-1-201-6883, fax: 36-1-201-8056,  
e-mail: mkl@mke.org.hu

Aktuális és archivált számaink honlapunkon  
(mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541  
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)  
HU ISSN 1588-1199 (online)  
DOI: 10.24364/MKL.2022.11

A lapot az MTA MTMT indexeli, és a REAL,  
továbbá az Országos Széchényi Könyvtár  
(OSZK) Elektronikus Periodika Adatbázisa  
és Archivuma (EPA) archiválja



Több tanárt kirúgtak a Kölcsey Ferenc Gimnáziumból, polgári engedetlenség miatt. Közöttük van Palya Tamás, az iskola egyik kémia tanára, aki ez évi áprilisi számunk Beköszöntőjét írta. Tisztában voltak azzal, jelentette ki, hogy törvénytelen eszközökhöz folyamodnak, de más lehetőséget a tavasz folyamán már nem láttak. Írását ezzel zárta: „Visszatérve az alapkérdéshez: milyen példát mutathat az a tanár, aki részt vesz egy polgári engedetlenségi akcióban? A diákok, szülők, régi tanítványok visszajelzése alapján jó példát! Mert vannak olyan alapvető jogok – például a sztrájkhoz való jog –, amelyeket nem lehet elvenni, amelyekért harcolni kell, bárki kormányoz, bárhogy hívják is az oktatásért felelős vezetőket.” A helyzet április óta semmit sem változott, nem javult, sőt... fokozódott. Láthattuk, ha voltak is tárgyalások a kormányzat és a pedagógus szakszervezetek között, azok rendre eredménytelenek maradtak. A résztvevők többségének kezdett elege lenni a tehetetlenségéből, és a tanév kezdetével a polgári engedetlenségi akciók is újratelepültek. A tavaszhoz képest most azonban volt egy lényeges különbség: az oktatási tárcát felügyelő belügyminiszter, aki a polgári elégedetlenséget törvénytellennek tartja, lépett, és figyelmeztető levél küldése után azonnali hatállyal felmondott a renitens kölcsény tanároknak. Közöttük van a már említett Palya Tamás matematika-kémia szakos tanár és Törley Katalin francia szakos tanár, a Tanítanék Mozgalom ismert vezetője is.

Az események talán nem várt fordulatot hoztak. Azonnal széles körű szolidaritás bontakozott ki az elbocsátott tanárok mellett; október 5-én egész napos demonstráció volt országsszerte, melyben tanár, diák, szülő teljes egységben állt ki a pedagógusok igaza mellett. A diákok táblákat tartottak a kezükben: „Nincs tanár, nincs jövő”, „Megvédjük a tanárainkat”, „Kiállok a tanáraim mellett”, „Ki fog holnap tanítani?” Szívmelengető érzés volt olvasni a feliratokat. Ezeket a fiatalokat nemcsak a fiatalos hév küldte az utcára, hanem a jövőjükért érzett aggodalom is. Sokan voltak, persze ahhoz nem elegendő, hogy a kormányzat ingerküszöbét áttüssék.

Itt most a diákok tanítása nem középiskolás fokon folyik! Életre szóló tapasztalatokat szereznek! Amikor ezeket a sorokat írom, egyre több középiskola fejezi ki szolidaritását az elbocsátott tanárokkal. Nemcsak állami iskolák, de alapítványi és egyházi iskolák is. A Budai Ciszterci Szent Imre Gimnázium, az ország legjobb egyházi fenntartású iskolája Klebelsberg Kunót idézte: „A tudomány birodalmában nem lehet bürokráciával és políciával dolgozni.”

Az események további menetéről a közösségi tereken és a független média fórumairól értesülhetnek.

Elnézést kérek olvasóinktól, hogy ezen a héten a szakmaiságot kémiai gondolatok helyett, a középiskolákban megszokott „tanárhány miatti” helyettesítéssel, az etika és az erkölcsan területéről vett gondolatokkal oldottam meg.

„Óh, én nem így képzeltem el a rendet!”

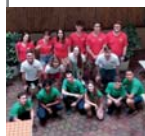
2022. november

*Kiss Tamás*

Kiss Tamás  
felelős szerkesztő

## TARTALOM

<b>AZ ATOMENERGIA FELHASZNÁLÁSÁNAK KEZDETEI</b>	
<b>Hargittai Balázs, Hargittai István:</b> Wigner Jenő különleges éve Oak Ridge-ben	322
<b>IGÉRETES FIATAL KÉMIKUSAINK</b>	
A második „Lendület” – az enzimektől a nanozimekig. Beszélgetés Szilágyi Istvánnal	326
<b>VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY</b>	
<b>Deák Péter, Vörös Attila, Mízsey Péter:</b> Folyamatos áramlású reaktorok és folyamatos gyártások a gyógyszeriparban III. Ipari példák II.	328
<b>KITEKINTÉS</b>	
<b>Róka András:</b> A „protonpumpák” következménylánc. A mitokondrium funkcionális elektro-biokémiája III.	334
<b>Kutasi Csaba:</b> Az allergia, textiles szemmel is	338
<b>OKTATÁS</b>	
<b>Németh Liza Szófia:</b> Laboráns néni, nyerit a kémcső!	342
<b>VEGYÉSZLELETEK</b>	
<b>Lente Gábor</b> rovata	346
<b>MEGEMLÉKEZÉS</b>	
Elhunyt Braun Tibor egyetemi tanár	348
In memoriam Perlné Dr. Molnár Ibolya professor emerita (1930–2022)	349
<b>A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA</b>	350
<b>A HÓNAP HÍREI</b>	350



**Cimlapunkon:**  
A Nemzetközi  
Kémiai Torna  
ezüstérmes magyar  
csapatai.  
Kell a jó tanár



Hargittai Balázs

■ Saint Francis University, Loretto, PA, USA | bhargittai@francis.edu

Hargittai István

■ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem | istvan.hargittai@gmail.com

# Wigner Jenő különleges éve Oak Ridge-ben

**W**igner Jenő különlegesen sikeres évet töltött Oak Ridge-ben 1946–1947-ben a Clinton Laboratórium (Oak Ridge-i Nemzeti Laboratórium) tudományos igazgatójaként. Munkájának fontos eredményei voltak a Laboratórium további sorsát, a reaktor-technológia fejlődését, a radioizotópok klinikai felhasználását és a neutronkrisztallográfia létrejöttét illetően. A bürokrácia iránti ellenérzése, az egyetemi élet vonzása és az a tapasztalat, hogy a nagy kutatóhelyeken az egyéni gondolatokat intézményesült gondolatok váltják fel, arra készítette, hogy visszatérjen a Princetoni Egyetemre.

Wigner Jenő (1. ábra) 1946-ban vette át a Clinton Laboratórium – hamarosan Oak Ridge-i Nemzeti Laboratórium (ORNL) – tudományos vezetését. 1947-ben már át is adta utódjának, Alvin M. Weinbergnek ezt a tisztséget, hogy visszatérhessen a Prince-

1. ábra Az Oak Ridge-i Nemzeti Laboratórium egyik hivatalos Wigner-portréja (1960). A képen Wigner kezében Alvin Weinberg és Wigner *The Physical Theory of Neutron Chain Reactors* című monográfiája [1] látható (az ORNL szíveségéből)



toni Egyetemre. Ez az egy év különlegesen gazdag volt eredményekben, és pozitív hatást gyakorolt a Laboratórium következő évtizedeire. Wigner Oak Ridge-i évével keveset foglalkozott az irodalomban. Kivétel például a hazalátogatásairól szóló nemrég megjelent kötet, amelyben Oak Ridge nyolcszor szerepel, és főleg az az, hogy beindította a magyarul főleg Nukleáris Műszaki Főiskolaként említett felsőfokú képzést reaktorkezelők számára [2]. Wigner visszaemlékezéseiben [3] szűk három oldalon szerepel Oak Ridge. Ezeket a visszaemlékezéseket, tulajdonképpen önéletrajzot, Andrew Szanton jegyezte le, egészítette ki és szerkesztette, amikor Wigner már közel járt a kilencvenhez. Alig valószínű, hogy készül még valaha is objektív és átfogóbb Wigner életrajz. A Wigner életét napról napra bemutató életrajz elkészítése egyre nehezebb lenne, és az idő múlásával az érdeklődés is csökken. Vannak azonban Wigner életének és munkásságának olyan momentumai, amelyek felderítése és megismerése ma is érdekes és tanulságos. Ilyen az az egy év, amelyet a Clinton nukleáris laboratórium tudományos vezetőjeként töltött. Ez az eredményekben kiemelkedő év jól példázza azokat az előnyöket, amelyeket Wigner vegyészmérnöki végzettsége, elméleti fizikusi teljesítménye és emberi/vezetői erényei összességükben jelentettek.

Az elmúlt évtizedek alatt az ORNL gazdaságtudományi, klímakutatási, környezetvédelmi és energiapolitikai vonatkozásban nemzetközileg vezető központtá fejlődött és ez arra az indításra vezethető vissza, amelyet Wigner széles látókörű és jövőcentrikus vezetése jelentett [4]. Ugyancsak vezetése idején meghatározó módon támogatta azt az évtizedekkel később Nobel-díjjal elismert felfedezést, amely a szerkezetkutatás neutrondiffrakciós módszerének kifejlesztését eredményezte. Az ORNL különleges, magas hőmérsékleten alkalmazható anyagok felfedezésének is színhelye lett. Az indulásnál a Laboratórium a nukleáris reaktor-technológia egyik központjaként szerepelt. Ez csak az energia-termelésre vonatkozott, mert a fegyverkezési kutatásokat az amerikai vezetés abban az időben Los Alamosra korlátozta.

Wigner látszatra a részletekben szinte elvesző, de a valóságban nagyvonalú és a vezetői feladatokat szívesen delegáló kutatói/vezetői magatartása tette lehetővé a Laboratórium sokoldalú és nagyszabású fejlődését. Wigner géniusz volt, csak éppen kis tudós akart inkább látszani. Nagy távlatokban gondolkodó vezető volt, csak éppen mások instrukcióit követő munkatársnak igyekezett látszani. Azonnal megértette a legbonyolultabb összefüggéseket, csak éppen szívesen mutatta olyannak magát, akinek inkább újra el kell magyarázni az elhangzottakat. Hogy mindez mennyire volt tudatos álca vagy a természetéből fakadt, esetleg pszichoanalízis tudná kideríteni, de tény, hogy eredményes volt. Megemlítünk egy jellemző példát. Nem egyszer sétált csap-



dába tekintélyes vendégelőadó Princetonban, amikor Wigner úgy leplezte le az előadó súlyos tévedését, hogy indulásként újra elmagyaráztatta magának az elhangzottakat, mintha az eszmefuttatás túl magas lett volna számára. Az így nagyobb hangsúlyt kapott tévedés leleplezése még látványosabb volt.

Jól ismert, hogy Wigner Jenő Szilárd Leóval és Teller Edével együtt kezdeményezte a Manhattan-tervet. Eredetileg a cél a híres Einstein-levéllal csupán az amerikai vezetés figyelmének felhívása volt az esetleges német atombomba veszélyére. Az egyébként csendes és a fényszóróktól és mikrofonoktól elhúzódó Wigner egyéniségét meghazudtoló módon volt erőteljes szószólója az amerikai atombomba-programnak. Jóhiszeműen nagyobbak látta a német atombomba valószínűségét, mint ahogy a német atombomba-program a valóságban alakult. Tévedésének okát leegyszerűsítve abban láthatjuk, hogy a német atombomba-programon dolgozókat sok hozzá hasonló „Wignernek” képzelte el, de a helyzet messze nem volt ennyire kedvező a német program szempontjából.

Az első időkben, amikor a Manhattan-terv még nem indult el, az atombomba létrehozásának munkálatai Chicagóban, az ún. Metallurgiai Laboratóriumban kezdődtek. Ennek előzményeként, 1941. december 8-án, a Pearl Harbor elleni japán támadás másnapján Arthur H. Compton megbeszélést kezdeményezett Wigner Jenővel az atombomba-program beindításáról. A Metallurgiai Laboratórium vezetői között ott volt Glenn Seaborg, aki a kémiai kutatásokat vezette, Enrico Fermi, akinek a vezetésével az első atommáglya (*pile*) épült, Szilárd, aki a máglyakísérletekhez szükséges anyagok beszerzéséért felelt, és Wigner, aki egy húsztagú elméleti csoportot irányított a Chicagói Egyetem kampuszán. Ezek közül a „chicagóiak” közül kerültek ki később az Oak Ridge-i Clinton Laboratórium első vezetői, Wigner, Alvin Weinberg, Gale Young, Kay Way és mások. A magyarra máglyaként for-

**2. ábra. A legendás Chianti-üveg. Az első atomreaktor építőinek aláírásaitól a nukleáris történelem fontos dokumentuma lett. Középen fent látszik E. (Enrico) Fermi aláírása (az USA energiaügyi minisztériuma szíveségéből)**



dított *pile* Fermi kifejezése volt, és csak az Atomenergia Bizottság megalakulása, 1946 után váltottak fokozatosan reaktorra. A *pile* arra utalt, hogy grafitömböket polcoltak egymásra és közéjük kerültek az uránadagok meghatározott rácsos elrendezésben. Az urán szolgáltatva a neutronokat, a grafit szerepe a folyamat szabályozása volt a maghasadást előidéző neutronok szükséges lassításával. 1942. december 2-án Fermi és a többiek bemutatták az ellenőrzött nukleáris reakciót. A demonstrációt több tekintélyes vendég előtt tartották meg. Azok távozását követően Wigner egy üveg Chianti borral köszöntötte Fermi és munkatársait. Az üveget még Princetonból hozta magával, ami előrelátásról tanuskodott: arra számíthatott, hogy a háborús állapotok miatt az olasz bor hiánycikk lesz. A résztvevők mind aláírták az üres borosüveg szalmaborítását: az üveg lett az egyetlen korabeli dokumentum a résztvevőkről (**2. ábra**). A névsor azért messze nem teljes, mert a jelenlevők létszámát 50 főben korlátozták, beleértve a vendégeket, és így nagyon sok, főleg fiatalabb munkatárs nem lehetett ott az eseményen.

A Manhattan-terv parancsnoka, Leslie Groves tábornok intézkedésére 1943-ban elkezdődött Oak Ridge-ben az X-10-zel jelzett kísérleti reaktor építése, amelynek nyomán épült fel a Washington állambeli Hanfordban egy teljes atomreaktor, elsősorban az uránnál is hatékonyabb hasadóanyag, a plutónium termelésére. Az X-10 reaktor alternatív neve „Clinton-máglya” volt, később grafitreaktorként emlegették. A kísérleti reaktorban előállított első adag plutónium 1,54 milligramm volt, amit Chicagóba küldtek. 1945-re már 326,4 grammnyi plutóniumot termeltek. 1942 végére Wigner elkészítette az 500 megawatt teljesítményű vízhűtéses reaktor tervét napi 500 gramm plutónium termelésére. Alvin Weinberg Mozart zongoraversenyének megalkotásához hasonlította Wigner munkáját [5].

Ahogy közeledett a háború befejezése, úgy vált egyre bizonytalanabbá a Clinton Laboratórium jövője, és arra lehetett számítani, hogy háborús feladatának teljesítésével bezárják. Wigner azonban másképp gondolta. Többször is meglátogatta Oak Ridge-et, és megszerette a helyet. Már 1944 végén összeállított egy tervet, amely szerint nagy nukleáris kutatóközpontot alakítanának ki, amely kiépülésekor már 3500 munkatársat foglalkoztatna, akiknek az egyharmada lenne mérnök és kutató. Reaktorkezelőket képző oktatási intézmény is kapcsolódna a központhoz. Wigner azt remélte, hogy a chicagói elméleti csoportot teljességében Oak Ridge-be helyezik át. Ez így nem történt meg, de 1946-ban Wignerrel együtt több elméleti és más fizikus távozott Oak Ridge-be. Wigner azon nyomban hozzalátott a háborús kísérleti üzem nagyszabású kutatólaboratóriummá történő átalakításához elsősorban a nukleáris technológia továbbfejlesztése céljából. Sok munkatársa és sokan az odalátogatók közül idővel az amerikai nukleárisenergia-termelés vezetői lettek.

1946. augusztus 2-án nevezetes eseményre került sor a Clinton Laboratóriumban (**3. ábra**). Ünnepléses keretek között adták át az első radioizotóp-mintát az amerikai nukleáris program klinikai alkalmazása keretében. A gesztust Wigner kezdeményezte. A kedvezményezett a Barnard Free Skin and Cancer Hospital, St. Louis, Missouri volt. Az átadást a „Clinton-máglya”, a Clinton Laboratórium grafitreaktora előtt rendezték meg. Ezt az első radioizotóp-átadást ezer és ezer hasonló, de már nem ünnepléses esemény követte az évek során. Közel ötvenféle radioaktív izotópot szállítottak különböző egészségügyi intézményeknek. A Clinton Laboratórium működtetett egy izotóprészeletet, amelyet az egészségügyi intézmények izotópos ellátására hoztak létre. 1946 szeptemberében Wigner az addigi részleget kétfelé osztotta, egy



**3. ábra. Wigner Jenő, a Clinton Laboratórium tudományos igazgatója 1946. augusztus 2-án első alkalommal ad át reaktorban termelt radioizotópot – szén-14 mintát – egészségügyi alkalmazásra. A mintát Edmund V. Cowdry kórházigazgató (balról a harmadik) veszi át. Balról az első William L. Simpson helyettes kórházigazgató, jobbszélén E. E. Kirkpatrick ezredes áll** (a felvételt a Manhattan-terv és az ORNL legendás fényképésze, Ed Westcott készítette; az USA energiaügyi minisztériumának szivességéből)

kifejezetten kutatási részre és egy orvosi részre. A külső egészségügyi intézmények ellátása radioaktív izotópokkal már Wigner távozása után teljesedett ki, de eredetileg az ő kezdeményezésére indult el.

Volt ennek a programnak egy árnyoldala is, amely nem kapcsolódott közvetlenül Wignerhez, de ha a progresszív fejleményeket összefüggésbe hozzuk a működésével, akkor ezt a negatív oldalt is meg kell említenünk. Történetek embereken is kísérletek a kísérleti alanyok megkérdezése és beleegyezése nélkül. Ilyen eset volt, amikor még 1945-ben, tehát ebben a konkrét esetben még Wigner odaérkezése előtt, a Laboratórium egy autóbalesetet szenvedett afroamerikai munkatársát többszörösen plutóniuminjekcióval kezelték. Ezekre a kísérletekre csak ötven évvel később derült fény. Visszatekintve nem menti a helyzetet, hogy akkor más volt ezeknek a dolgoknak az etikai megítélése, mint később, és hogy nemes célok érdekében történt mindez. Az 1980–1990-es években az eseteket kivizsgálták, az 1945–1947-es időszakban embereken végzett kísérletek elszenvedőinek családját anyagi támogatásban részesítették (a kísérletek elszenvedői már nem éltek). 1997-ben az Egyesült Államokban törvényileg tiltották meg, hogy embereket alávéssenek titkos tudományos kísérleteknek, illetve a résztvevőket tájékoztatni kell, és csak beleegyezésükkel lehetnek ilyen kísérletek alanyai. Minden kísérlet titkosságáról tájékoztatni kell a résztvevőket. A Manhattan-tervvel kapcsolatban végzett kísérletek körülményeit már 1986-ban feltárta egy kongresszusi vizsgálat, de a nyilvánosság ennek a vizsgálatnak az eredményét csak 1994-ben ismerte meg.

Amikor eredetileg felmerült igazgatói megbízatásának lehetősége, Wigner tudatosan felkészült teendőire, és pontosan kialakított menetrenddel szabályozta az életét. Ez segítette a munkatársait is, mert mindig tudták, mire számíthatnak. Hétfőn az egész napot az irodájában töltötte, az ajtaja mindig nyitva állt, és mindenkit meghallgatott, aki beszélni akart vele. A kedd szent és sért-

hetetlen volt, saját tudásának szinten tartására használta és nem érhették el az intézmény munkatársai. Szerdától péntekig mindig oda ment, ahol szükség volt rá, részt vett üléseken, bár ezt szerette a legkevésbé, és részt vett a vitákban, amelyekben egyáltalán nem várta el, hogy mindig neki legyen igaza.

Wigner nagy lelkesedéssel és eredményesen vetette bele magát a legkülönbözőbb gyakorlati problémák megoldásába. Téves rá elefántcsonttoronyba visszahúzódnó kutatóként gondolni. Gyakorlati tehetségét számos szabadalomban való részvétele jelzi. Egy példa ötletességére és ötletének hasznosítására: Gondot okozott a reaktor alumínium hűtőlapjainak alakja és elhelyezése. A hűtővíz a lapok közötti keskeny réseken áramlott, és a hűtés hatékonysága nagyban meghatározta a reaktor teljesítőképességét. Tartani lehetett azonban attól, hogy magas hőmérsékleten az alumíniumlapok meghajolnak, és akár el is zárhatják a hűtővizet. Wigner úgy gondolta, hogy ha eleve meggömbítik a lapokat, akkor jobban ellenállhatnak a rájuk nehezedő feszültségnek, és csak abban az irányban görbülhetnek tovább, amely felé eleve meggömbítették őket. Ezzel a megoldással valóban sikerült a hűtővíz zavartalan áramlását biztosítani.

A gyakorlati feladatok megoldásán kívül, Wigner nagy hangsúlyt fektetett az alap kutatásokra. Tudatosan nem hagyta, hogy csak a múltbeli tudományos eredményekre és csak másutt elért új eredményekre számítsanak. Elindította a szilárdtestfizikai kutatásokat, és megbízta korábbi kiváló princetoni diákját, Frederick Seitzet, hogy szervezze meg a nukleáris fizika oktatását. Seitz 1934-ben kapott PhD-t Wigner mellett, közös munkájuk volt a Wigner–Seitz-egységcella és a kristályok egyik első kvantumelméleti leírása. Frederick Seitz (1911–2008) nemzetközileg elismert szilárdtestfizikus és tudománypolitikus később az amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia elnöke, majd a Rockefeller Egyetem elnöke volt.

1946 augusztusában Wigner nyitotta meg a Seitz által igazgott Clinton Továbbképző Iskolát, amit gyakran említenek Nukleáris Műszaki Főiskolaként. Eredetileg arra számított, hogy a fegyveres erők és akadémiai munkahelyek részéről néhány tucat résztvevője lesz, de hamarosan ennek többszöröse jelentkezett. Több korábbi hallgató később nemzetközi hírvű tudós lett. Az Iskola leghíresebb hallgatója Hyman Rickover (1900–1986), akkor haditengerészeti kapitány, később admirális volt. Rickover később létrehozta a *Nautilus* nevű nukleáris haditengerészeti bázist, az első nukleáris meghajtású tengeralattjárókat, és idővel egész nukleáris meghajtású flottát alakított ki. A haditengerészet tisztjei az Oak Ridge-i képzés szorgalmas hallgatói voltak. Rickover tudásszomja legendás volt, szeretett úgy bemutatkozni, hogy Rickover kapitány vagyok és buta, amivel igyekezett bátorítani a beszélgetőpartnerét a minél nagyobb információ átadásra. De azért aki szó szerint vette a bemutatkozását, ráfizetett. A nukleáris tengeralattjárók reaktoraiban létrejövő körülmények tanulmányozására is szolgált annak a reaktornak a kifejlesztése, amely eredetileg is Wigner szívügye volt, mert felismerte, hogy a legkülönbözőbb technológiákban egyre növekszik a különleges tulajdonságú anyagok iránti igény. Ez is olyan program volt, amely már távozása után bontakozott ki, de amelyet Wigner indított el.

Wigner személyes támogatásával is segítette Oak Ridge legnevezetesebb tudományos felfedezését, a neutrondiffrakció kifej-



4. ábra. Wigner Jenő 1946-ban Ernest O. Wollan fizikussal, a neutrondiffrakciós módszer úttörőjével (az ORNL szíveségéből)

lesztését. Ernest O. Wollan (1902–1984, 4. ábra) a Nobel-díjas Arthur H. Compton tanítványa volt a Chicagói Egyetemen. 1942-ben Enrico Fermi meghívására csatlakozott az atombomba-programhoz. Először Chicagóban, majd a Clinton Laboratóriumban vett részt a Manhattan-tervben. 1944-ben a Clinton-reaktort, a grafitreaktort próbálta használni neutrondiffrakciós kísérlet megvalósítására. A háború után egy másik fizikus, Clifford G. Shull (1915–2001) csatlakozott a Clinton Laboratóriumhoz és Wollan kísérleteihez. 1946-ban a munka kritikus fázisba érkezett, bizonyos jelenségeket nem tudtak értelmezni, megakadtak a munkában. A neutrondiffrakció megvalósítása nem szerepelt a Laboratórium programjában, tehát a próbálkozásokat minden következmény nélkül abba lehetett volna hagyni. Wollan és Shull Wignerhez fordultak tanácsért. Shull később leírta a megbeszélést, Wignert végtelenül bölcs fizikusnak nevezte és dicsérte az intuícióját. Meghallgatta a két munkatárs beszámolóját és tanácsot adott nekik, ami segített. Shull szerint Wigner jobban bízott a kísérleteik sikerében, mint ők maguk. Valóban megvalósították a világon elsőként a neutrondiffrakciós kísérletet, és létrejött a kristályszerkezetek és a mágnesség tanulmányozására szolgáló neutronkristallográfia. Shull ezért 1994-ben fizikai Nobel-díjat kapott. A másik résztvevő, az eredeti felfedező Wollan akkor már nem élt [6].

Wigner távozásával hamarosan Alvin Weinberg vette át a Laboratórium irányítását. Személyes kapcsolatuk is hozzájárult ahhoz, hogy sokban folytatta a Wigner által elkezdett irányokat, és Wigner többször is huzamosabb időre visszatért Oak Ridge-be. Együttesüket jól kiegészítette Clarence Larson korábbi kémia-professor, aki 1948-tól az ORNL adminisztratív igazgatója volt, később az Atomenergia Bizottság tagja [7]. Sok évvel később, mikor már mindannyian nyugdíjasok lettek, Larson nagyszabású interjúprogramot valósított meg híres tudósokkal és technológusokkal, amelynek keretében Wignerrel is felvett egy hosszú beszélgetést [8].

A Laboratórium munkatársainak létszáma 1953-ban elérte a 3600-at: valamelyest meg is haladta azt, amit Wigner eredetileg megálmodott. Távozását követően hosszabb időre Wigner először 1954-ben tért vissza a Laboratóriumba. Akkor tanácsaival elsősorban a kémiai technológiai munkák hatékonyságát igyekezett növelni. 1959-ben Wigner és Szilárd megkapta az Atoms-for-Peace díjat (5. ábra). Őket egy évvel később követte Alvin Weinberg és Walter Zinn, az Argonne Nemzeti Laboratórium volt igazgatója a kitüntetettek sorában (5. ábra). Az Atoms-for-Peace díjat a Ford Motor Company alapította és egy független testület ítélte oda a

nukleáris technológia békés alkalmazásában elért érdemeikért. Az első kitüntetést Niels Bohr kapta 1957-ben, a másodikat Hevesy György 1958-ban, a harmadikat Szilárd és Wigner 1959-ben, a negyediket Weinberg és Walter Zinn 1960-ban. Az utolsót 1969-ben adták át Dwight D. Eisenhower volt amerikai elnöknek, akinek az ENSZ-ben 1955-ben elmondott „Atoms for Peace” című beszéde készítette annak idején a Ford céget a díj megalapítására.



5. ábra. Az Atoms-for-Peace kitüntetés 1959-es és 1960-as díjazottjai 1960-ban sajtóértekezletet tartanak. Balról jobbra: Walter Zinn (1960), Szilárd Leó (1959), Wigner Jenő (1959) és Alvin Weinberg (1960) (az ORNL szíveségéből)

Wigner rövidebb Oak Ridge-i látogatásai között a legemlékezetesebb az volt, amikor az Atomenergia Bizottság elnökével, a Nobel-díjas Glenn Seaborggal együtt 1963 novemberében részt vett a grafitreaktor ünnepélyes leszerelésén. Wigner az ünnepség másnapján, ott, Oak Ridge-ben értesült arról, hogy Nobel-díjjal tüntették ki. 1964 szeptemberében újabb hosszabb látogatásra érkezett Oak Ridge-be. Akkoriban már hosszabb ideje a polgári védelem kérdései foglalkoztatták. Az erős polgári védelem kialakításában látta azt a tényezőt, amely jelentősen csökkentheti a nukleáris háború lehetőségét [9]. Ahogy minden kirándulása után a gyakorlati munkák színteréről igyekezett vissza Princetonba az elméleti fizikához, ugyanúgy vonzotta Oak Ridge Princetontól, és lelte örömét abban, hogy a gyakorlatban alkalmazhatja tudását. Ez a kettősség harmonikus egységben valósult meg Wigner hosszú, rendkívül sikeres pályáján. Oak Ridge-ben ápolják Wigner emlékét. Wigner-ösztöndíj segíti tehetséges fiatal kutatók elindulását pályájukon. 2013-ban indították el a „Wigner Distinguished Lecture” sorozatot. Eddig legalább 12 Nobel-díjas tudós vagy Nobel-emlékdíjas közgazdász volt az előadók között. ●●●

IRODALOM

[1] A. M. Weinberg, E. P. Wigner, The Physical Theory of Neutron Chain Reactors, 2nd edition, Chicago University Press, 1958.  
 [2] Mihály K. A., Lévai P., Kormos I., Kármán T. (szerk.), Hazalátogatott Wigner Jenő. Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Budapest, 2021, 1, 35, 37, 44, 50, 188, 234, 375.  
 [3] E. P. Wigner (with Andrew Szanton) (1992) The Recollections of E. P. Wigner as Told to Andrew Szanton. Plenum Press, New York. Magyarul: Wigner Jenő emlékiratai Andrew Szanton feljegyzésében. Kairosz Kiadó, 2002  
 [4] L. Johnson, D. Schaffer, Oak Ridge National Laboratory: The First Fifty Years. The University of Tennessee Press, Knoxville, 1994.  
 [5] A. M. Weinberg, The First Nuclear Era: The Life and Times of a Technological Fixer. American Institute of Physics Press, New York, 1994.  
 [6] I. Hargittai, B. Hargittai, Ernest O. Wollan: An Unsung Hero of Crystallography. IUCr Newsletter (2022) 30, 2.  
 [7] B. Hargittai, I. Hargittai, Candid Science V: Conversations with Famous Scientists, Chapter 18, „Clarence E. Larson”, 2005, 316–323.  
 [8] M. Hargittai, I. Hargittai, Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists. Chapter 1, „Eugene P. Wigner”, 2004, 2–19.  
 [9] I. Hargittai, „You are pleasantly disagreeable’ Eugene Wigner remembers.” The Chemical Intelligencer (1999) 5/3, 50–52.

# A második „Lendület” – az enzimektől a nanozimekig



Beszélgetés Szilágyi Istvánnal, az SZTE Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszékén működő Lendület Biokolloidok kutatócsoport vezetőjével

*Mi a csoport kutatásának témája, milyen aktuális tudományos kérdéshez kapcsolódik ez?*

A kutatási téma szempontjából a csoport alapvetően három lábon áll, amelyeket a kolloidkémia kapcsol össze. A fő tudományos cél a nanorészecske-alapú mesterséges antioxidánsok fejlesztése. A hatékony antioxidánsok használata széles körben szükséges, a különböző orvosi biológiai terápiákkal kezdődően a különféle ipari termékgyártási folyamatokig. A közös dolog, hogy mindenhol a szabad gyökök, illetve a reaktív oxigén/nitrogén-származékok koncentrációjának optimalizálására törekszünk, ez egyrészt a betegségek kialakulását csökkenti, másrészt az ipari termékek minőségét növeli. Az alkalmazások nagy részében problémát jelent az enzimatisz antioxidánsok használatának korlátozottsága a vegyületek nagy érzékenysége miatt. Ezek helyettesítésére kínálunk alternatív megoldást olyan nanorészecskéik, nanozimek fejlesztésével, amelyek extrém körülmények között is képesek enzimszerű működésre.

A másik két lábat illetően az egyik a kőolajkitermelés kémiai módszereinek hatékonyabbá tételéhez kapcsolódik; a kutatások szükségességét a jelenlegi energiaválság is tükrözi. A harmadik, az idei évben elkezdett kutatási irány a nanoműanyagok (100 nm alatti mérettel rendelkező műanyag lebomlási termékek) vándorlásával, transzportjával és vizes közegből való kivonásuk lehetőségének vizsgálatával foglalkozik. A mikroműanyagok témában már nagy számú információval rendelkezünk ezeken a területeken, viszont a nanoműanyagok esetében rengeteg munka vár még a tudományos és technológiai kihívásokra válaszokat kereső szakemberekre. A fenti kutatásokban igyekszünk ötvözni a felfedező és az alkalmazott aspektusokat.

*Az idén Lendület-támogatást nyert az MTA pályázatán, ehhez olvasóink nevében is szívből gratulálunk. Hogyan jutott el ehhez témához, melyek voltak tudományos fejlődésének fontosabb állomásai?*

Köszönöm a gratulációt. A Lendület program támogatása számomra nagy elismerés, főképp úgy, hogy ez már a második ciklus; az idén elsőként kiírt „haladó” kategóriában beadott pályázatomban nyert.

A téma a már említett mesterséges antioxidánsok fejlesztése, amelyet elég régóta kutatok. Ez a téma úgy jött, hogy beépítet-

tem a Szegeden doktoranduszként elért eredményeimet (enzimutánzó fémkomplexek immobilizálása) a Genfben folytatott (kolloidkémiai) kutatásokba. Ez a kombináció adja egyébként a munkánk egyediségét. A mérőföldköveket illetően az egyik legfontosabb a 2014-es év, amikor is a Genfi Egyetem kutatójaként elnyertem az első független pályázatomat a Svájci Tudományos Alapnál, ekkor kezdődött el az antioxidánsokkal kapcsolatos tevékenységem. Ezt követett egy másik támogatás ott, Svájcban, majd 2017-ben jött az első Lendület pályázat, amely segítségével a kutatócsoportomat a Szegedi Tudományegyetemre költöztettem. Az idei Lendület-támogatás sikeressége az eddigi munkánk elismerése.

*Mennyire láthatóak eredményei nemzetközi téren? Ön szerint mi kell ahhoz, hogy az itthoni kutatások is fel tudják kelteni a nemzetközi szakmai közösség érdeklődését?*

Az utóbbi években számos nemzetközi konferencián és egyetemi szemináriumon szerepeltem meghívott előadóként, illetve a csoportunk is folyamatosan fogad külföldi vendégeket. Emellett a tématerületünk vezető lapjaiban publikálunk, ami szintén segíti az eredményeink láthatóságának növelését. Fontos elismerés, hogy folyamatos felkéréseim vannak bírálóként és bizottsági tagként külföldi egyetemeken doktori iskoláitól. A láthatóság a pályázatoknál is megjelenik, például az idén indul egy olyan nemzetközi, az Európai Bizottság által támogatott projekt, amelyben 10 európai és 5 Európán kívüli egyetem és kutatóintézet vesz részt és eredményeinkkel kiérdemeltük, hogy meghívást kapjunk a pályázó konzorciumba.

A nemzetközi szakmai közösség érdeklődését elsősorban megfelelő témaválasztással és minőségi kutatómunkával lehet felkelteni, illetve az eredményeket a legmegfelelőbb fórumokon kell publikálni. A csoportomban tagjai folyamatosan részt vesznek szakmai konferenciákon, ismerjük a hasonló témakörben dolgozó kutatókat és azt is tudjuk például, hogy a többség a tudományterület mely folyóiratait olvassa. Ezekben kell publikálni minőségi eredményeket, és megvan a láthatóság, valamint az érdeklődés felkeltése. Emellett a kapcsolatépítés elengedhetetlen a külföldi kollégákkal. Nekem ebből a szempontból nagy segítség a külföldön eltöltött hosszabb idő, mivel a volt munkatársaim közül többen töltenek be professzori állásokat szerte a világban.



*Kérem, mutassa be a csoportot!*

A csoport folyamatos fejlődésben van, mióta 2018-ban megalakult Szegeden. Én a Lendület pályázat olyan nyertesei közé tartoztam, akik kutató-oktató beosztásban önálló akadémiai tevékenységet folytattak egy külföldi egyetemen, tehát a támogatást nem egy már itthon működő csoport finanszírozására adták (ez a gyakoribb verzió), hanem a befogadó intézményben egy teljesen új kutatócsoportot kellett megalapítani a költözéssel kezdődően, a munkatársak kiválasztásán keresztül, a kutatómunka elvégzését lehetővé tevő infrastruktúra létrehozásáig. Először egy-egy doktoranduszhallgatóval és predoktor-kutatóval indultunk, a csoport jelenlegi létszáma pedig 7 doktorandusz, 5 kutató egyetemi hallgató és egy technikus munkatárs. Persze a létszám és az összetétel változó.

A kiválasztás két módon történik. Mivel a Szegedi Tudományegyetemen docensként az oktatással is foglalkozom, ismerem a diákokat, és így számos doktorandusz-, mester- és alapszakos hallgatót sikerült a csoportba csábítani. A többi munkatárs álláshirdetésre jelentkezett és ott a végzettségük, illetve a személyes meghallgatáson való szereplésük alapján kerültek a csoportba.

*Hogyan lehet idehaza megteremteni egy ilyen nagy csoport működési feltételeit? Mekkora a szerepe ebben az intézmény támogatásának és mennyi a csoportvezető pályázati képességének?*

A csoportomat inkább közepes méretűnek nevezném, korábbi ausztrál (ott is dolgoztam 3 évet) mentorom tanácsát megfontolva nem hiszek abban, hogy a hatékonyság a csoportlétszám növekedésével egyenes arányban nő. A működési feltételek megteremtéséhez szükség van az intézmény-pályázat-ipar támogató hármásra, az arány a csoportvezető beállítottságától és a befogadó intézmény jellegétől is függ. Én egyetemi oktatóként nagy hangsúlyt fektetek a felfedező kutatásokra, hogy az ott szerzett információt első kézből tudjam átadni a diákoknak. Tehát az ilyen jellegű kutatási pályázatokra erősebben fókuszálunk. Ha egy kutatóközpontban dolgoznék, akkor valószínűleg az ipari partnerek érdeklődését és támogatását keresném elsősorban, és a kutatásaim nagyobb mértékben alkalmazott jellegűek lennének.

*Milyen szerepük van a sikeres kutatásban a nemzetközi kapcsolatoknak?*

A mi területünkön sikeresen kutatni, véleményem szerint, csak nemzetközi kapcsolatok segítségével lehet. Ezt annak tükrében mondom, hogy 11 és fél évet töltöttem ausztrál és svájci egyetemeken, és ott is ezt tapasztaltam. Ez viszont nem azt jelenti, hogy mindenben követnünk kell a külföldi csoportokat, hanem hogy olyan jellegű kutatásra fókuszáljunk, amiben a kooperációt minél jobban ki tudjuk használni. Az utóbbi időben publikált cikkeink kb. kétharmada külföldi partnerek bevonásával (és társszerzőségével) született. Persze mi vittük a fő vonalat, de kiegészítő információk-mérések-anyagok tőlük érkeztek a sikeresség növelésének érdekében.

*Mennyire tartja hivatásának az oktatást a kutatás mellett?*

Már a fentiekből is kiderülhetett, hogy nagyon fontosnak tartom az oktatást. A külföldi oktatói, illetve kutatási tapasztalataimra építkezve próbálom modernizálni az óráim tananyagát, fenntartani a hallgatók érdeklődését. Annak a híve vagyok, hogy időnként fel kell mérni, mit tanítottunk pár éve, mit tanítunk most és mit vár a tudományos-ipari közösség a közeljövőben. Csak így lehet használható és napra kész tudást adni a diákoknak a képzés során.

*Marad kapacitása tudomány-népszerűsítésre, egyáltalán feladatának érzi ezt is?*

Ez nagyon fontos dolog, mind intézményi, mind pedig kutatócsoport szinten próbáljuk a tudományt (ezen belül a kémiát) népszerűsíteni. Vannak nálunk kutató általános és középiskolai diákok, tartunk ismeretterjesztő előadásokat és eleget teszünk minden felkérésnek, ami a tudomány népszerűsítésére szolgál. Ahogy mondani szoktam, akárhol jártam a világban, a kémia mindenhol kémia volt, talán azt kellene tudatosítani a fiatalokban, hogy egy vegyészdiploma a világ legfejlettebb országait is megnyitja előttük. Ugyancsak fontos kiemelni, hogy a tudományos-technológiai fejlődésnek köszönhetően olyan korban élünk, ahol a természettudományos oktatásnak egyre fontosabb szerepe van.

*Mit gondol a kísérlet-elmélet kapcsolatáról?*

A csoportunk kolloidkémiai kutatásai során a kísérleti eredményeket legtöbbször elméleti számítások adataihoz hasonlítjuk a jelenségek hátterének megismerése céljából, tehát a kísérlet-elmélet kapcsolata nagyon fontos a tudományos munkánk során.

*A kutatás nemzetközisége miatt sok fiatal kutató szembesül az „itthon vagy külföldön” dilemmával. Ezt a döntést Ön is meghozta: mi volt az érv a hazatérés mellett?*

Ez összetett kérdés, kezdjük a saját példámmal. A doktori fokozat megszerzése után hosszú időt töltöttem külföldön egyetemi állásokban. Ez az idő teljes mértékben az akadémiai karrierem előremozdítását szolgálta. Ehhez megvolt a családi háttér, feleségem, illetve két gyermekem is támogatott ebben, ezt nagyon fontos megjegyezni. Igazából mindig ott lebegett a hazatérés kérdése, vártuk a kedvező alkalmat, amit a Lendület pályázat hozott el. Tehát ezt az esetben nem lehetett „itthon vagy külföldön”-re leegyszerűsíteni, inkább úgy mondanám, hogy ha „külföld”-öt választjuk először, attól még az „itthon” is opció marad később.

Az érveket illetően, aki az akadémiai pályát választja, annak szerintem mindenképpen kell a külföldi tapasztalat (nem szükségszerűen olyan hosszú idő, mint az én esetemben), mert különben hajlamos azt hinni, hogy szerte a világban is ugyanúgy működik az egyetemi szektor, mint itthon. Ideális esetben a külföldi tapasztalatokat kellene hazahozni, itthon kamatoztatni a kint szerzett tudást. A mobilitás rendkívül fontos a karrierépítés során. Ezt például Svájcban úgy támogatják, hogy az ottani egyetemeken végzett PhD-hallgatók pályázhatnak egy-két éves poszt-doktori ösztöndíjakra, amelyeket a Svájci Kutatási Alap finanszíroz akárhol külföldön. Így a világ legjobb kutatóhelyei nyílnak meg a végzett doktoranduszok előtt, mivel a befogadó csoportnak nem kell a fizetésükről gondoskodni. Persze a legjobbakat visszavárják Svájcba, olyan pályázatokat kínálva, amelyekkel megalapíthatják a saját kis csoportjukat. Ez utóbbi itthon is megvan a kiválósági és fiatal kutatói pályázatok által. Példát említve a mobilitásra, az a doktorandusz, akinek először voltam a témavezetője, Újvidéken szerezte az MSc-diplomát, Genfben a PhD-fokozatot, majd poszt-doktor volt Berlinben, most pedig a Harvardon dolgozik.

*Köszönöm szépen a beszélgetést, további sikeres munkát kívánok, különösen az új Lendület pályázat keretében.*

**Szalay Péter**

Deák Péter<sup>1</sup> – Vörös Attila<sup>2</sup> – Mizsey Péter<sup>1,3</sup><sup>1</sup> BME Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék – <sup>2</sup> EUROAPI Hungary Kft. – <sup>3</sup> Miskolci Egyetem, Kémiai Intézet Mizsey Péter | mizsey@edu.bme.hu

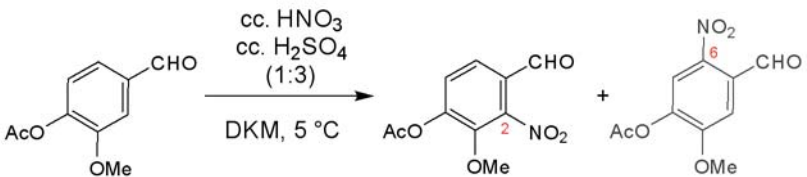
# Folyamatos áramlású reaktorok és folyamatos gyártások a gyógyszeriparban III.

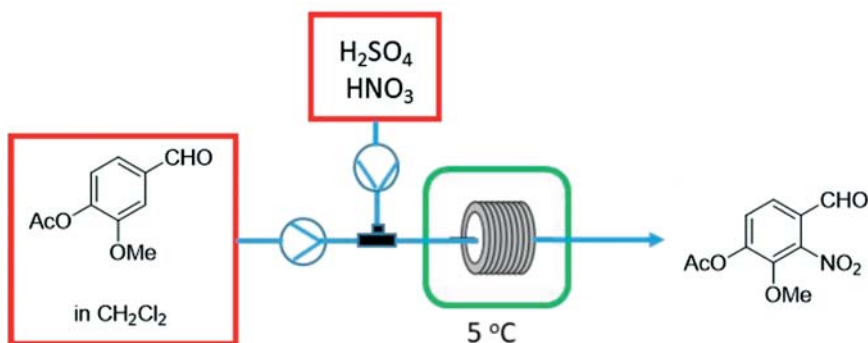
## Ipari példák folyamatos szintézisre a 2015 utáni szabadalmak tükrében II.

Háromrészes cikksorozatunk a kémia egy viszonylag új innovációjával foglalkozik, melynek alkalmazása teljesen átírhatja/átírja a kutatás és a vegyipari alkalmazások, jellemzően a gyógyszeripari alkalmazások területét és további új fejlesztési lehetőségeket nyit mind a kutatás, mind technológiák területén.

Cikksorozatunk harmadik, befejező részében az áramlásos kémia alkalmazásainak néhány további példáját tekintjük át táblázatos formában.

### 9. Copanlisib [26], [27]

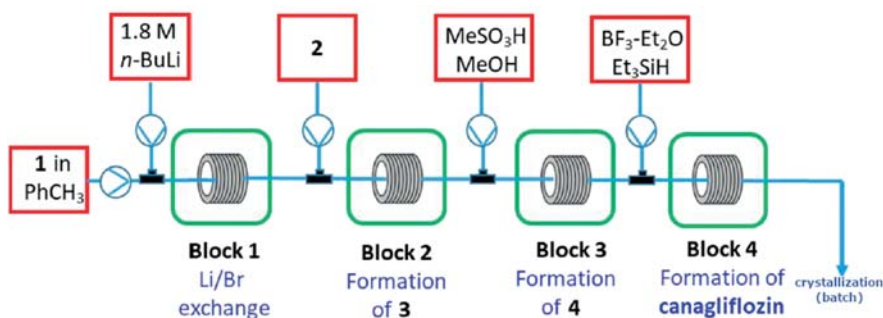
Szabadalom birtokosa	Szabadalom birtokosának székhelye	Gyógyszer neve	Hatóanyag neve	Terápia, felhasználás
Bayer	Németország	Aliqopa®	copanlisib	kemoterápiás szer
<b>A folyamatos technológia előnye</b>	Biztonságosabb nitrálás.			
<b>Elért eredmények</b>	Kb. 1,5 kg-os méretben, a kevert tartályreaktorban végzett reakcióhoz hasonlóan kb. 10% melléktermék (6-nitrovanillin); $\eta = 62\%$ .			
<b>A kivitelezett reakció</b>				
<b>Leírás</b>	<p>Egy intermedier (2-nitrovanillin) előállítása során a nitrálást kísérleti jelleggel folyamatos technológiai eljárással végezték, mikroreaktorban.</p> <p>2,9 kg metilén-kloridban oldott 1,5 kg <i>O</i>-acetyl-vanillint (a 4-es hidroxilcsoportot acetyl csoporttal védtek) 5 ml/perc áramlási sebességgel statikus keverőn keresztülvezetve 5 °C-on reagáltattak 3,94 kg 64%-os salétromsav és 5,87 kg cc. kénsav 0 °C-os elegyével, melyet 8 ml/perc áramlási sebességgel adagoltak (25. ábra).</p> <p>További részleteket nem közöltek, az eredményt a kevert tartályreaktorban végzett reakcióhoz hasonlóan nevezték.</p> <p>A teljes folyadékmennyiség kb. 9 óra alatt haladt át a reaktoron, hagyományos módszerekkel folytatták a feldolgozását: szobahőmérsékleten elválasztották a két fázist, a vizes fázist 2 l metilén-kloriddal extrahálták. Az egyesített szerves fázist 2 l telített nátrium-hidrogén-karbonáttal és 0,8 l vízzel extrahálták, oldószert cseréltek metanolra, így vitték tovább a következő lépésbe, amely a védőcsoport eltávolítása volt.</p>			



25. ábra. Az *O*-acetil-vanillin nitrálása mikroreaktorban, folyamatos technológiával [12]

### 10. Canagliflozin [28]

Szabadalom birtokosa	Szabadalom birtokosának székhelye	Gyógyszer neve	Hatóanyag neve	Terápia, felhasználás
Qilu Tianhe Pharmaceutical Co.	Kína	Invokana®(Janssen)	canagliflozin	SLGT2 inhibitor, II. típusú cukorbetegség kezelésére
<b>A folyamatos technológia előnye</b>	Négy blokkból álló szintézis, az összes tartózkodási idő kevesebb, mint egy perc; a kriogén hűtést sikerült ki-küszöbölni a rövid tartózkodási idővel.			
<b>Elért eredmények</b>	Hozzávetőleg 100 g alatti méretben, $\eta = 75\%$ , 99,97%-os tisztaság mellett.			
<b>A kivitelezett reakció</b>				
<b>Leírás</b>	<p>A canagliflozin olyan hatóanyag, melyet Amerikában és Európában már jóváhagytak II. típusú cukorbetegség kezelésére; hatását úgy fejt ki, hogy gátolja a glükóz reabszorpcióját a vesében, ezáltal növelve kiválasztódását a vizeletben. A szabadalmaztás kísérleti jelleggel folyamatos technológiai eljárással végezte a szintézis utolsó három reakcióját, mikroreaktorokban (26. ábra). A teljes tartózkodási idő a négy mikroreaktorban 44 s volt.</p> <p>A reakciót toluolban végezték. Az 1 tiofén-származék kb. 80 g/l toluolos oldatát 100 ml/perc áramlási sebességgel először <i>n</i>-butil-lítiummal (1,8 M, 20 ml/perc) -5 °C hőmérsékleten reagáltatták, tartózkodási idő: 8 s. A kiáramló elegyben a litiált intermediert a 2-es laktonnal (320 g/l, 60 ml/perc) reagáltatva a 3-as köztitermék keletkezett, melyet izolálás nélkül vittek tovább. Tartózkodási idő: 23 s.</p> <p>Ezt követően az elegyet metánszulfonsav metil-alkoholos oldatával (<math>\phi = 25\%</math>, 20 ml/perc) 0 °C-on 7,2 másodpercig kezelve a védőcsoportokat eltávolították.</p> <p>A 4 köztitermékkel az utolsó folyamatos áramlású reaktorban bórtrifluorid-éterát és trietil-szilán acetónitril oldatával (20 ml/perc) -5 °C-on 6 másodperces tartózkodási idővel reagáltatták, így jutottak az 5 nyers termékhez, melyet hagyományos módon, 300 ml heptánban kristályosítottak meg (5 óra, 0–5 °C), majd etil-acetát-víz keverék oldószerből kristályosították át.</p>			

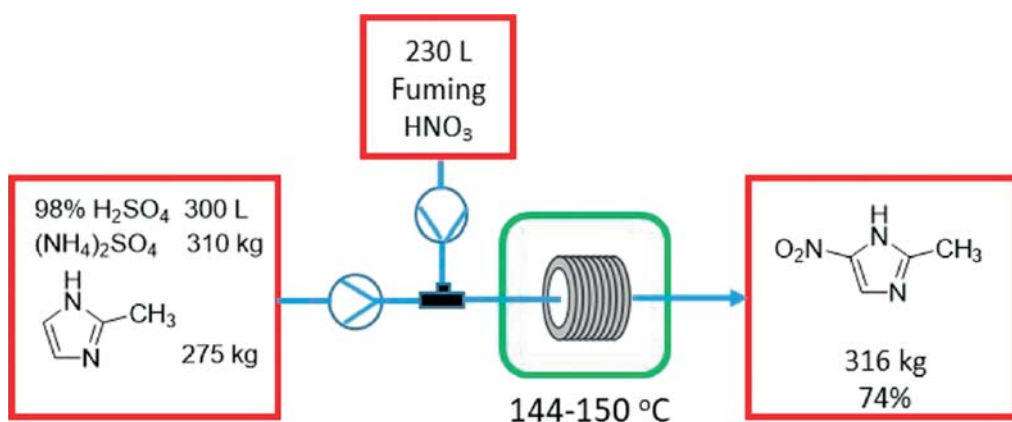


26. ábra. A canagliflozin-szintézis utolsó három lépésének sematikus diagramja [12]



11. Metronidazol [29]

Szabadalom birtokosa	Szabadalom birtokosának székhelye	Gyógyszer neve	Hatóanyag neve	Terápia, felhasználás
Jiangsu Cale New Material Co.	Kína	Klion® (Richter) Supplin® (Sandoz)	metronidazol	antibiotikum (anaerob baktériumok ellen)
<b>A folyamatos technológia előnye</b>	Biztonságosabb nitrálás.			
<b>Elért eredmények</b>	316 kg, $\eta = 74\%$ , szulfáttartalom $w < 3\%$ mellett.			
<b>A kivitelezett reakció</b>				
<b>Leírás</b>	<p>A metronidazol-előállítás [2-(2-metil-5-nitro-1H-imidazol-1-il)etanol] kulcsintermedierének, a 2-metil-5-nitro-1H-imidazolnak gyártását közölték nagyobb méretben megvalósítva.</p> <p>A nitrálást folyamatos technológiával, szilícium-karbid és poli(tetrafluoretilén) (PTFE) anyagú tekercselt mikroreaktorban végezték, melyben immobilizált „szupersav-katalizátort” (<math>\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Al}_2\text{O}_3</math>) alkalmaztak, mely a közlés szerint csökkentette a szükséges savmennyiséget. A reaktort olajfürdő segítségével termosztálták; részletesebb információkat a berendezésről vagy a katalizátorról nem közöltek (27. ábra).</p> <p>275 kg 2-metilimidazolt 300 l cc. kénsav és 310 kg ammónium-szulfát oldatában oldottak föl egy kevert tartályban, 10–120 °C közötti hőmérsékleten. Ebből PTFE anyagú szivattyúval 300–800 ml/perc sebességgel továbbították a reaktorba.</p> <p>230 l füstölgő salétromsavat 5–15 °C közé hűtöttek egy kevert tartályban, amit szintén továbbítottak a reaktorba PTFE anyagú szivattyúval 100–400 ml / perc sebességgel.</p> <p>A reaktor hőmérsékletét az olajfürdő mellett az áramlási sebességgel igyekeztek 144–150 °C között tartani.</p> <p>A feldolgozást szakaszos technológiával végezték. A folyamatos reaktorból kiáramló elegy kémhatását kevert tartályreaktorban ammónia-oldattal pH = 3,5–4 közé állították be 10–40 °C közötti hőmérsékleten. A kristályokat szűrték, vízzel mosták, centrifugálták, szárították.</p>			

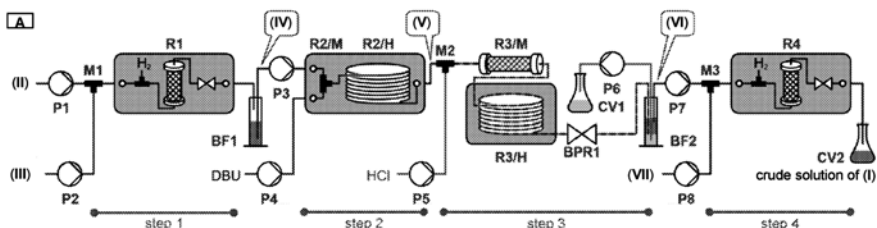


27. ábra. A 2-metil-1H-imidazol nitrálása mikroreaktorban [12]

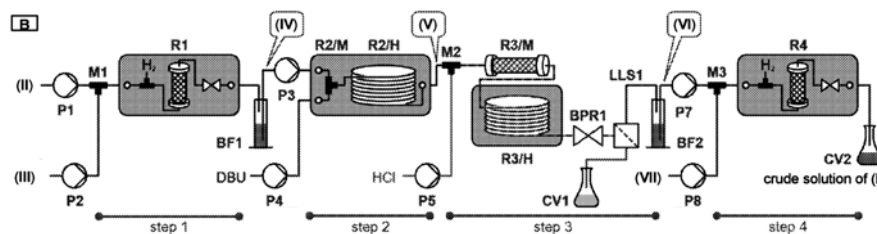


12. Flibanserin [30], [31]

Szabadalom birtokosa	Szabadalom birtokosának székhelye	Gyógyszer neve	Hatóanyag neve	Terápia, felhasználás
Richter Gedeon Nyrt.	Magyarország	Addy® (Sprout Pharma)	flibanserin	hipoaktív szexuális vágy rendellenesség (HSDD) kezelésére
<b>A folyamatos technológia előnye</b>	Az ún. <i>telescoped</i> szintézissel elkerülhetővé vált a toxikus és karcinogén alkilezőszerek használata. Oldószercserék nélkül dolgoztak, környezetbarát oldószereket használtak. A mikroreaktorok alkalmazásával sikerült minimálisra szorítani a melléktermékek és a szennyezők mennyiségét.			
<b>Elért eredmények</b>	77 mg hidroklorid só formájában, $\eta = 37\%$ (négy lépésre)			
<b>A kivitelezett reakció</b>				
<b>Leírás</b>	<p>A Richter Gedeon Nyrt. laboratóriumi mennyiségben mikroreaktorban, folyamatos kémiai (ún. <i>telescoped</i>) szintézissel állította elő a flibanserint.</p> <p>Az eljárás lényege, hogy újszerű reakcióúton, redukatív aminálást alkalmazva sikerült elkerülni veszélyesnek ítélt alkilezőszerek használatát.</p> <p>A megvalósított eljárást a 28., 30–31. ábrák szerinti készülékekkel hajtották végre – de leírták a szabadalomban, hogy a fáziszevárációhoz membrán is alkalmazható (29. ábra).</p> <p>A reakciókörülmények részletes bemutatására a 3. és 4. táblázat szolgál, ahol a Richter Gedeon Nyrt. közleményének részletei és az ehhez tartozó készülékek a 30–33. ábrákon találhatóak.</p>			



28. ábra. A flibanserin négylépéses, mikroreaktorban végzett folyamatos technológiájú szintézise – sematikus rajz a Richter szabadalmi leírásából (a BF2 helyen gravitációs folyadék-folyadék fáziszevárátorral) [30]



29. ábra. A flibanserin négylépéses, mikroreaktorban végzett folyamatos technológiájú szintézise – sematikus rajz a Richter szabadalmi leírásából (az LLS1 helyen membrán folyadék-folyadék fáziszevárátorral) [30]



Az oldatok jelei	Az oldatok elkészítése
A	Egy 250 ml-es mérőlombikban 2,605 g (12,5 mmol) <i>tert</i> -butil-(2-aminofenil)karbamátból izopropil-acetátos oldatot készítettek ( $c = 0,05 \text{ M}$ ), melyből az oldott gázokat ultrahangos kezeléssel távolították el.
B	Egy 5 ml-es mérőlombikban 3,77 ml (25 mmol) 2,2-dimetoxi-acetaldehid $w = 60\%$ -os vizes oldatát desztillált vízzel hígították ( $c = 5 \text{ M}$ ), melyből az oldott gázokat ultrahangos kezeléssel távolították el.
C	Egy 25 ml-es mérőlombikban 3,75 ml (25,1 mmol) DBU-ból (1,8-diazabiciklo[5.4.0]undec-7-én) izopropil-acetátos oldatot készítettek ( $c = 1 \text{ M}$ ), melyből az oldott gázokat ultrahangos kezeléssel távolították el.
D	Egy 50 ml-es mérőlombikban 16,6 ml (200,2 mmol) sósav $w = 37\%$ -os vizes oldatát desztillált vízzel hígították ( $c = 4 \text{ M}$ ), melyből az oldott gázokat ultrahangos kezeléssel távolították el.
E	Egy 25 ml-es mérőlombikban 5,76 g (25 mmol) 1-(3-(trifluorometil)fenil)piperazinból izopropil-acetátos oldatot készítettek ( $c = 1 \text{ M}$ ), melyből az oldott gázokat ultrahangos kezeléssel távolították el.

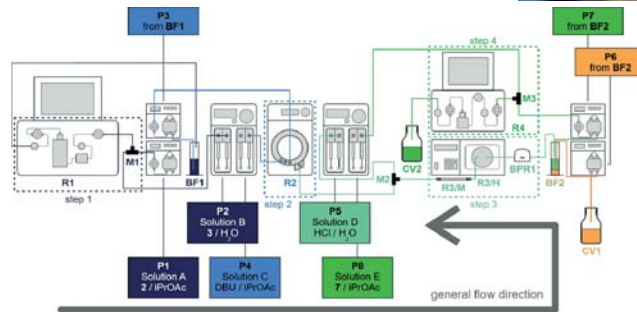
3. táblázat. A flibanserin-szintézis sematikus rajzainak magyarázata (a Richter szabadalmi leírása alapján) I. [30]

Reakció lépés	Azonosító	Készülék	Beállítások
1.	P1	Knauer AZURA® P 4.1S pumpa	A oldat, 0,500 ml/perc
	P2	Syrris Asia fecskendőpumpa	B oldat, 5,0 $\mu\text{l}$ /perc
	M1	PEEK [poli(éter-éter-keton)] „T”-keverő, $d = 1/2 \text{ mm}$	25 °C
	R1	ThalesNano H-Cube Pro™	10% Pd/C (30 mm CatCart®), 100 °C, 10 bar, 50% gáz-folyadék arány, tartózkodási idő kb. 8 s, kb. 0,13 ml reakciótér fogat
	BF1	fáziszeparátor	
2.	P3	Knauer AZURA® P 4.1S pumpa	BF1 alsó fázisából, 0,500 ml/perc
	P4	Syrris Asia fecskendőpumpa	C oldat, 37,5 $\mu\text{l}$ /perc
	R2/M	Syrris Asia 4 ml belső keverő	200 °C
	R2/H	feltekereselt acélcsőből készült rektor termosztált szakasz	200 °C, tartózkodási idő 7,4 perc, kb. 4,0 ml reakciótér fogat
3.	P5	Syrris Asia fecskendőpumpa	D oldat, 50 $\mu\text{l}$ /perc
	M2	PTFE [poli(tetrafluor-etilén)] „T”-keverő, $d = 1/2 \text{ mm}$	25 °C
	R3/M	Diba Omnifit® homokkal (50–70 mesh) töltött $d = 3 \text{ mm}$ , $l = 100 \text{ mm}$ kolonna	25 °C, tartózkodási idő kb. 41 s, kb. 0,4 ml reakciótér fogat
	R3/H	feltekereselt PTFE csőből készült rektor 4 ml	100 °C, tartózkodási idő 6,8 perc, kb. 4 ml reakciótér fogat
	BPR1	Zaiput BPR10 (nyomásszabályozó)	17 bar
	BF2	fáziszeparátor	
	P6	Knauer AZURA® P 2.1S pumpa	BF2 alsó fázisából, 0,050 ml/perc
CV1	gyűjtőedény a vizes hulladéknak		
4.	P7	Knauer AZURA® P 4.1S pumpa	BF2 felső fázisából, 0,538 ml/perc
	P8	Syrris Asia fecskendőpumpa	E oldat, 30,0 $\mu\text{l}$ /perc
	M3	PEEK „T”-keverő, $d = 1/2 \text{ mm}$	25 °C
	R4	ThalesNano H-Cube®	100 °C, 10 bar, tartózkodási idő 6,8 perc, kb. 4 ml reakciótér fogat
	CV2	gyűjtőedény a termék számára	

4. táblázat. A flibanserin-szintézis sematikus rajzainak magyarázata (a Richter szabadalmi leírásából) II. [30]



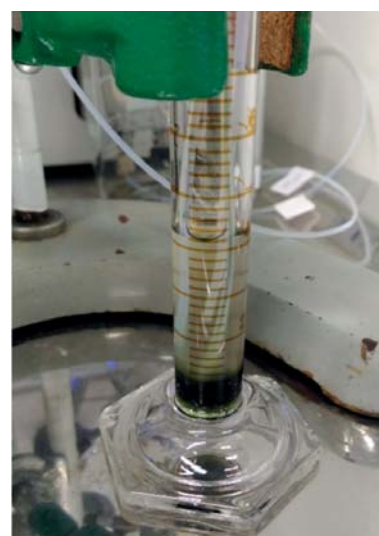
30. ábra. A Richter Gedeon Nyrt.-nél alkalmazott kísérleti berendezés fényképe [31]



31. ábra. A 30. ábrán látható készülék sematikus rajza [31]



32. ábra. A HPLC- és fecskendőpumpák, középen az R2 csőreaktorral



33. ábra. A fázisszeparáció

## Összefoglalás

A mikroreaktorok alkalmazási lehetőségeinek néhány megvalósult példáját áttekintve és bemutatva láthatjuk, hogy több jelentős gyógyszeripari vállalat rendelkezik gyógyszerhatóanyag-gyártás megvalósításához szükséges *flow chemistry* ismeretekkel és eszközökkel. A mikroreaktorok alkalmazása azonban jelenleg inkább csak laboratóriumi méretben valósul meg. Az ipari szintű hatóanyaggyártásokba történő átültetés, érthető okokból, a közeljövőben az új gyártástechnológiák esetében várható. Ezért az áramlásos kémiát előreláthatólag majd a „zöld mezős” beruházásoknál alkalmazzák.

A mikroreaktorok használatának (5., 6., 9., 11., 12. példa) felsorolt számtalan előnye mellett a példák között megtalálható a folyamatos, de nem mikroméretű csőreaktor felhasználásával leírt kísérletek (1., 3., 4. példa), a kaszkádban üzemeltetett kevert tartályreaktorok (2. példa), a töltött oszlopok (12. példa) és a folyamatos áramlású elektrokémia cella (8. példa) alkalmazása is.

A mikroreaktorok a hagyományos kevert tankreaktorokkal szemben az alkalmazásukat illetően kedvezőbbek, hiszen az egyszerűen jelen lévő anyagmennyiségek kicsik, a fajlagos felület nagy,

ezért izoterm körülmények könnyebben biztosíthatóak, a reakciók jobban kontrollálhatóak, így biztonságtechnikailag is kedvező a használatuk. Ugyanakkor kedvezőtlen helyzetben vannak a beruházási költséget illetően, hiszen drága berendezések, a méret-növeléssel járó költségek pedig lineárisak.

Nem nehéz megjósolni, hogy az áramlásos kémia és a mikroreaktorok a jövőben egyre jelentősebb helyet vívnak ki maguknak a gyógyszerhatóanyag-gyártás terén is.

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönet Bana Péternek (Richter Gedeon Nyrt.) a hasznos tanácsokért, és a következő projekteknek: OTKA 128543, OTKA 131586, LIFE19 CCA/HU/001320 – LIFE-CLIMCOOP project supported by EU LIFE program.

## IRODALOM

- [12] D. Hughes Applications of Flow Chemistry in the Pharmaceutical Industry – Highlights of the Recent Patent Literature. *Org. Process Res.* (2020) 24(10), 1850–1860.
- [26] copanlisib: US20170327505
- [27] copanlisib: US20180282337
- [28] canagliflozin: CN106866645
- [29] metronidazole: CN110156694
- [30] flibanserin: WO2020026162
- [31] flibanserin: Bana P., Szigetvári Á., Kóti J., Greiner I.: Flow-oriented synthetic design in the continuous preparation of the aryl piperazine drug flibanserin. *React. Chem. Eng.* (2019) 4, 652–657.

## Miért késett októberi számunk megjelenése?

Figyelmesebb olvasóinknak feltűnhetett, hogy októberi számunk némi késéssel jelent meg. Vártunk a szenzációra. Október 3-án jelentették be az orvosi, 5-én a kémiai Nobel-díj idei nyertesait. Karikó Katalin és Drew Weissman, akik az mRNS-technológia felfedezésével és alkalmazásával meghatározó szerepet játszottak a koronavírus-pandémia elleni küzdelemben, mindkét terület nagy esélyesei voltak. Nem őket tüntették ki. Készültünk az ünneplésükre, és csalódtunk. De nemcsak mi csalódtunk, a tudományos közvélemény jelentős része is. Ennek illusztrálására ajánlunk szíves olvasásra egy írást a qubit.hu oldalról: Nem az a kérdés, hogy Karikó Katalin megkapja-e a Nobel-díjat, hanem az, hogy mikor.

*KT felelős szerkesztő*

Róka András

ELTE TTK Kémiai Intézet

# A „protonpumpák” következménylánca

## A mitokondrium funkcionális elektro-biokémiája (Harmadik rész)

Kajtár Márton emlékére

Az első részben vázoltuk, hogy a mitokondrium, a folyamatosan beérkező anyagok térben elválasztott redoxireakciója alapján, bioüzemanyag-cellaként működik. Az oxidációs térfélen a reakciópartnerek enzimek által biztosított szinkron elektronpár-átrendeződése a csoportárviteli reakciók elektronpár-átvitelével együtt elektronpár-transzportláncot alkot.

A második részben bemutattuk, hogy az oxigénmolekulák elektronszerkezetéhez alkalmazkodva a redukció az elektrontranszport-lánc egyelektronos bioredoxi-félvezetésével történik. A centrumok töltéski egyenlítődése a redoxilépést követő sav-bázis reakcióval valósul meg. Az oxidációs lépésben a vasionok Lewis-sav-erősségének fokozódása növeli a közeli, savas tulajdonságú molekularészletek protonáló erejét, és az enzimek membránban történő elhelyezkedése miatt a centrumok „protonpumpává” válnak. A membránok közötti tér elsavasodása pedig halmozott következményeket okoz.

### A membránfelszíni protonvezetés logikai következménye

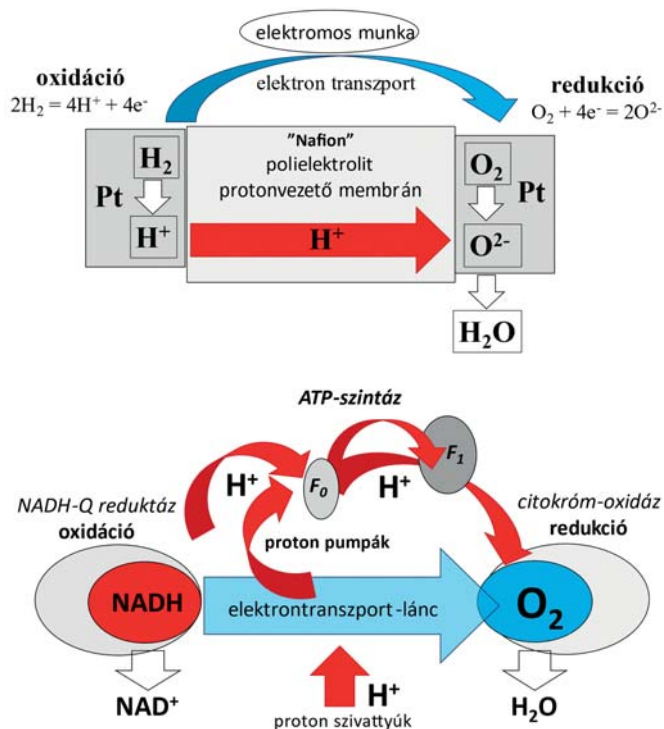
Ha a protonok a membrán felszínén, a hidrogénkötés-rendszerben vándorolnak, akkor a membrán közötti tér elsavasodása csak a protonvezetés feltételét teremti meg. A Mitchell által megadott „protonmotoros” erő ( $\Delta p$ ) képletében – leszámítva a membránpotenciál járulékát ( $E_m$ ) – egy koncentrációs elem elektromotoros ereje jelenik meg [1]:

$$\Delta p = E_m - \frac{2,3 RT}{zF} \Delta pH = E_m - \frac{2,3 RT}{zF} (\log c(H_1) - \log c(H_2))$$

Ez az elektrokémiai potenciálkülönbségként kezelt tag a mitokondriumban nem töltheti be sem az elektromotoros erő, sem a protonmotoros erő szerepét. Egyrészt azért, mert funkcióját tekintve elektronáram és nem protonáram a hajtóereje. Másrészt azért, mert a hidrogénelektrodok híján a „protongradiens” önmagában csak diffúziós hajtóerő lehet. A protonok azonban nem diffúzióval vándorolnak.

Mitchell még nem ismerhette Oláh György metóniumionra vonatkozó eredményeit. Ezért nem vehette figyelembe, hogy a hidrogénion nem klasszikus kémiai részecske. Elemi részecskéként nincs elektronburka, ezért esetében sem a Coulomb-, sem a Pauli-féle taszítás nem érvényesül. „Gátlástalansága” következtében kémiai közegben önmagában sohasem fordul elő, hiszen még a

metánmolekulához is kapcsolódhat. Ezért nem diffúzióval, hanem hidrogénkötéseken keresztül vagy protonált ionok formájában vándorol. Még fontosabb azonban, hogy a gradiens iránya éppen merőleges a feltételezett membránfelszíni protontranszport irányára. Ezért legfeljebb az ATP-szintáz  $F_0$  transzmembrán protonvezető csatornájában töltheti be a vándorlás hajtóerejét. A protonoknak azonban az ATP-szintázig el kell jutni, továbbá a két fél közötti koncentrációkülönbséget is folyamatosan fenn kell tartani. Ezért a protontranszportnak a redoxreakciót kísérő, töltéskiegyenlítő sav-bázis reakció éppúgy a hajtóereje, mint a vízmolekulák képződése a hidrogénalapú üzemanyagcellában (1. ábra).



1. ábra. Az elektrontranszport-lánc és a technikai üzemanyagcella hasonlósága. A záró, irreverzibilis protonálódási reakciók ugyanúgy „protonmotoros” erővé válnak, mint a vízmolekulák képződése a hidrogénalapú üzemanyagcellában

Az önként lejátszódó folyamat azért különleges, mert – az üzemanyagcellával ellentétben – funkció is épül rá: a vízmolekulák képződése mellett célirányosan juttatja el a protonokat az ATP-szintázhoz (1. ábra).



## Az ATP savkatalitikus szintézise

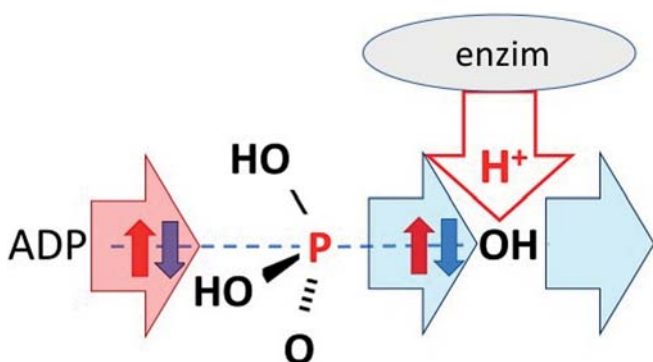
Boyer és Walker Nobel-díjas eredményei elsősorban az ATP-szintáz szerkezetére és működésére vonatkoznak [1], és a szintézis molekuláris mechanizmusa még mindig továbbfejleszhető. Az eddigi ismeretek birtokában véleményem szerint feltételezhető, hogy a reakció lényegét tekintve nem különbözhet nagyon a szubsztrátszintű foszforiláció „ionos” mechanizmusától [2]. A foszfoenol-piroszólósav és a szukcinil-CoA esetében a molekulákban kialakuló karbokation elektronpár elvonása növeli a foszforcentrum elektrofilitását, és ezáltal aktiválja a foszforil egységet a csoportátvitelhez. Számomra ez azt sugallja, hogy az oxidatív foszforiláció nemcsak a reakciók csatolása révén valósul meg, hanem molekuláris szinten is: A Lewis-savként megjelenő karbokation hatását nevezhetnénk a foszforiláció „molekulán belüli oxidációval” történő előkészítésének.

Az ATP-szintáz esetében persze kizárt a redoxiaktiválás lehetősége. Az elektronpár elvonása azonban sav-bázis reakcióval, pontosabban savkatalízissel is megtörténhet, kihasználva ezzel a terminális oxidáció és az ATP-szintézis Mitchell által olyan fontosnak tartott protontranszporttal történő csatolását.

Az enzim általi savkatalízis lényege, hogy a közeg elvasodása nélkül, lokálisan történik meg a protonálás. Elemi lépésekre bontva a foszforsav egyik O–H csoportjának protonálódása és a kirajzolódó vízmolekula leválása után szintén egy elektronpár-hiányos foszforcentrum vagy „foszforkation” alakul ki. Ez az „aktivált” foszforilcsoport már kiváló elektronpár-akceptor az amúgy is disszociált állapotú ADP nukleofil támadásával szemben. Az enzimkompleksen belül tehát elektronpár-átrendeződéssel játszódnak le az elemi lépések. A reakciópartnerek optimális kötődése ráadásul lehetővé teszi még az elektronpárok szinkron átrendeződéset, vagyis a nukleofil addíció és a vízmolekula leválásának egyidejű lejárását is. Ez a megoldás az egylépéses nukleofil szubsztitúció  $S_N2$  mechanizmusához hasonlít, eltekintve attól, hogy az enzim nélkülözhetetlen közreműködése miatt nem bimolekulás a reakció.

Ez a kölcsönös előnyökkel járó kooperatív kölcsönhatás egyszerűen tartalmazza a Lewis-sav-bázis-párok kölcsönhatására visszavezethető „mágikussav-effektust” és annak inverzét: a támadó ADP elektronpáronor erősíti a foszforcentrum elektronellátottságát, és ezáltal a foszforsav Bronsted-bázikusságát. Az elekt-

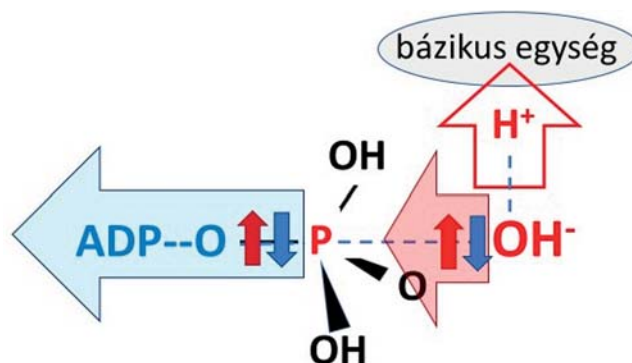
2. ábra. Az ATP savkatalitikus szintézise kölcsönös előnyökkel járó kooperatív reakció a Lewis-párok között. A támadó ADP elektronpárja erősíti a foszforsav Bronsted-bázikusságát, a vízmolekula leválása pedig fokozza a foszforcentrum elektrofilitását, Lewis-savasságát. Az inverzió segíti az ADP bekötését és a vízmolekula egyidejű leválását



ronpár-elvonás pedig, ami már az O–H csoport protonálódásával kezdődik, és a vízmolekula leválásával végződik, fokozza a foszforcentrum elektrofilitását, Lewis-savasságát. A megnövekedett bázikusság megkönnyíti a protonálódást, míg a vízmolekula jobb távozó csoport, mint a hidroxidion, aminek a protonátlan foszforsavról kellene távoznia (2. ábra). Ezért nem szükséges olyan erős sav, mint amilyen egyébként a foszforsav protonálásához kellene. Vagyis nincs szükség extra energiájú protonra („energiéz proton”) vagy nagy hidrogénion-koncentrációra [1].

Az energiát, az elektromos munkát az elektronpár elvonása, vagyis az foszforsav P–OH kötésének „ionos bontása” igényli. A feltételek kialakulásával az elektronpáronor (ADP) és -akceptor („foszforil-kation”) között már egyenesen az elektrosztatikus vonzás irányítja a kapcsolódást. A javasolt mechanizmus összhangban áll Boyer és munkatársai megállapításával, miszerint „nem ahhoz kell nagy energia, hogy az ADP-ből és szervesen foszfátból ATP keletkezzen” [3]. Feltételezhető, hogy a szubsztrátok bekötődésére további kooperatív kölcsönhatás is segítheti a Lewis-pár reakcióképességének növekedését.

Az ATP-szintáz a mátrixban helyezkedik el. A neutrális közegben ezért lokálisan kell a protonáló erőt biztosítani. Ez az  $F_1$  enzimmotor elforduló  $\beta$  egységének lehet a feladata. A reakciópartnerek bekötődését biztosító pozíciónak még nincs katalitikus aktivitása [1, 3]. A kooperatív reakció csak az elfordulást követően, feltételezhetően a savkatalízissel, a foszforsav protonálódásával következhet be, mert valószínű, hogy csak ekkor nyílik meg a célirányos protoncsatorna. A makromolekulás „elektromotor” forgatóerejét protonált funkció csoportok elektrosztatikus taszítása hozhatja létre, ami transzport következtében például aminosav-szegmensek között alakulhat ki. A reakciósebesség szempontjából logikus megoldás lenne, ha az elfordulást előidéző konformációváltozás, a savkatalízis és az újabb elforgatás folytatódóan játszódhatna le. Az elfordulást követően megszűnik a taszítóerő, és bekövetkezik a protonálás, majd egy következő proton érkezésével ismétlődhet a folyamat.



3. ábra. Az ATP báziskatalizált hidrolízise. A lokálisan keletkező hidroxidion erősebb nukleofil, ezért távozásra kényszeríti az ADP-t. Az inverzió most is elősegíti a kötések egyidejű kialakulását és bomlását

A kooperatív mechanizmus egyúttal magyarázatot ad a reakció megfordíthatóságára is. A folyamat az ellentéres irányban is lokális sav-bázis katalízissel játszódhat le, és az ATP „hidrolízise” ismét az  $S_N2$  mechanizmusra hasonlít. Az  $F_1$  egység azonban most bázikus hatást fejt ki. Elemi lépésekre bontva, az elforduló egység bázikus szegmensé átvon egy protont az ATP hidrolíziséhez szükséges vízmolekuláról, ami ezáltal szükséges esetén „protonforrássá” is válhat (3. ábra).

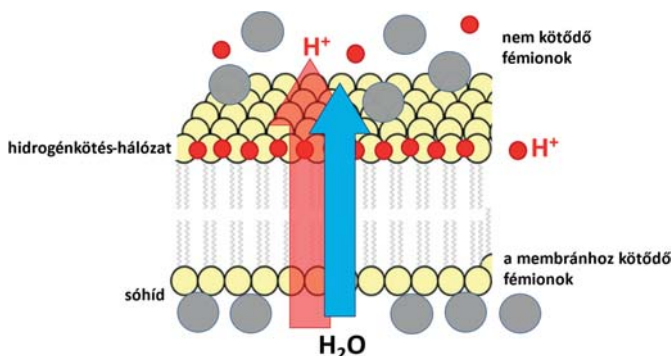


Az elektrofil foszforcentrum (Lewis-sav) elektronpár vonzásával fokozza a vízmolekula protonáló erejét, a proton leválása ugyanakkor megnöveli a támadó csoport nukleofilitását. A lokálisan keletkező hidroxidion pedig erősebb nukleofil, ezért egy elektronpárjával együtt kényszeríti távozásra az ADP-t. A bomlás a közeg ellúgosodása nélkül, szintén szinkron elektronpár-átrendeződéssel játszódhat le. A nyomjelzéses vizsgálat igazolja, hogy a <sup>18</sup>O-izotópot tartalmazó vízzel végzett ATP-hidrolízis során a foszforsavon jelenik meg az oxigénizotóp [1].

A kooperatív kölcsönhatás növeli a Lewis-párok reakcióképességét, míg az inverzió, az elektronpárok elektrosztatikus és Paulitaszításával elősegíti a távozó csoport letaszítását. A szintézisre és a bomlásra egyaránt érvényes, hogy az egyik kötés kialakulása és a másik kötés bomlása szinkron játszódik le. A kapcsolt reakciók elve újra molekuláris szinten valósul meg, és a törvény a szabadentalpia-változás makroszkopikus fogalma helyett a kötési energiákon keresztül érvényesül.

### Az ozmotikus következmény

A hidrogénionok aktív transzportjával a membránok közötti közeg összetétele is megváltozik. Mert a külső oldalon az ionok „kicszerelődése”, a belső oldalon pedig a „sóhid” általi kötöttség miatt a kalciumionok koncentrációja is különbözik egymástól. Ez a sókoncentráció-különbség újabb transzportfolyamat, az ozmózis hajtóerejévé válik, ami eltávolítja a mátrixban folyamatosan képződő vizet (4. ábra). Ennek hiányában a sejtszervecske kirepedne. Ezáltal a protonok aktív transzportjára újabb funkció, passzív transzport épül. Tehát a biológiai redoxifélfelvezető-mechanizmus a protontranszport és a savkatalitikus ATP-szintézis fenntartása mellett az ozmózis feltételét is megteremti.



4. ábra. A protonok aktív transzportjára passzív transzport épül. A membrán közötti tér elsavasodása az ionok kicserélődéséhez vezet. A kialakuló sókoncentráció-különbség az ozmózis hajtóerejévé válik, ami eltávolítja a mátrixban folyamatosan képződő vizet

A folyamatok bámulatos önszerveződése azt is megmagyarázza, hogy az alapvetően fizikai transzportfolyamat azért válik „chemiosmosis”-sá, mert az energiatermelő kémiai reakció tartja fenn az ozmózis hajtóerejét.

### Az energiaátalakítás egysége alapokra épül

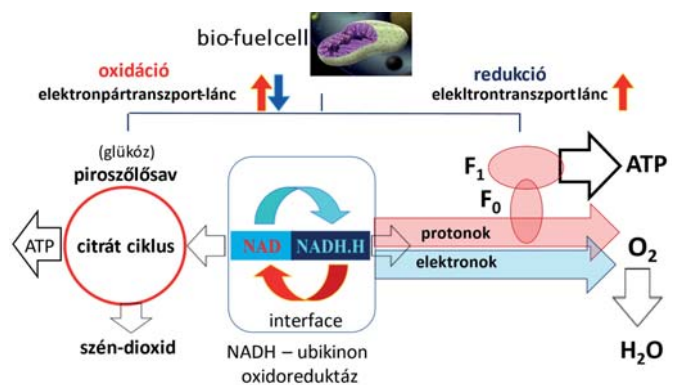
A biológiai redoxifélfelvezető-mechanizmus, továbbá az arra épülő ATP-szintézis és ozmózis univerzális megoldás. Mitchell elképzelését számos növényélettani kísérlet igazolja. Mivel a kloroplasz-

tiszokban az enzimek és a koenzimek nagyon hasonlóak (citokrómok, plasztokinon, ATP-szintáz), ezért joggal feltételezhető, hogy fotoszintetizáló rendszer elektrontranszport-lánca által kiváltott protonpumpa-mechanizmus és annak következmény-lánca megegyezik a mitokondriuméval. A különbség csak annyi, hogy az enzimek elhelyezkedése a tilakoid membránban, és ezáltal a pumpálás, illetve a kialakuló koncentrációgradiensek iránya a mitokondriuméval ellentétes irányú. A protonpumpa befelé, az ozmózis ellenkező irányba működik, hiszen a fotoelektrolízissel elbontandó vizet be kell juttatni a sztómába.

### Összefoglalás

A szőlőcukor-származékok és az oxigén enzimkomplexek által katalizált, térben elválasztott redoxreakciója a mitokondrium membránszerkezete által biológiai üzemenyagcellát alkot. A mitokondrium bioelektromosságának különlegessége, hogy az energiaátalakítás során a fémesen kívül számos vezetési mechanizmus jelenik meg: az elektron- és az elektronpár-transzportlánc félvezető jellegű, a belső membrán felszíne pedig protonvezető.

Az oxidációs térfélen a nukleofil redoxreakciók elektronpár-átrendeződése a félvezető polimerek mechanizmusára emlékeztet. Az enzimek által elősegített szinkron átrendeződések során a karbokationok („lyukak”) az elektronpárokkal ellentétes irányú vándorlása dekarboxileződéshez, illetve a szubsztrátszintű ATP-szintézis során a foszfocsoport aktiváláshoz vezet. Az elektronpár-átrendeződések a csoportátviteli reakciók elektronpár-átvitelével együtt elektronpár-transzportláncot alkotnak (5. ábra).



5. ábra. A reakcióblokkok a biológiai üzemenyagcella (bio-fuelcell) oxidációs és redukciós térfelét alkotják. Az oxidációs térfélen elektronpár-transzportlánc, a redukciós térfélen elektrontranszportlánc biztosítja az elektronvezetést. Az elektrontranszportláncban a vezetési redoxreakciók kísérő sav-bázis reakcióit a belső membrán felszíni protonvezetése hangolja össze, és az ATP-szintáz F<sub>0</sub> protoncsatornája osztja el az ATP-szintézis és a vízmolekulák képződése között

A citokróm komplexeknek és a vas-kén fehérjéknek az oxigénmolekulák párosítatlan elektronjaihoz illeszkedő, egyelektronos vezetése a hexacianoferrát-típusú redoxifélfelvezetők mechanizmusához hasonlít. Az elektrontranszport-lánc a redoxifélfelvezetés különleges, biológiai megvalósulása, ami a töltéskiegyenlítés során protontranszportot (pumpát) indít (5. ábra).

Az oxidációs oldal a kevés ATP szubsztrátszintű szintézise mellett NAH.H-t termel az oxigén redukciójához, ami az I. és III. enzimkomplexekkel megoldja az egyelektronos és az elekt-



ronpárokkal történő reakciómechanizmusok illesztését (5. ábra).

A redukciós térfel funkciója sokoldalúbb. A „főreakció”, vagyis az oxigénmolekulák  $\text{NAHH.H}$  által történő, közvetett és térben elválasztott redukciója több következménnyel jár: Nemcsak az elektronoknak kell eljutni az oxigénmolekulákhoz, hanem a protonoknak is az oxigénmolekulából keletkező peroxid-, illetve hidroxidionokhoz. Ezáltal a „távolsági” redoxireakcióhoz töltés-kiegyenlítő „távolsági” sav-bázis reakció tartozik. Az elektronok és a protonok külön utakon, de azonos irányba vándorolnak, és transzportjuk sebessége éppúgy összehangolt, mint a hidrogénüzemű tüzelőanyag-cella működése során.

Az elektrontranszport-láncon azonban a technikai cellával szemben nem fémek vezetők, hanem a membrán enzimkomplexeiből álló „bioredoxi-félfűzője” juttatja el az elektronokat az oxigénmolekulákhoz. Ennek az a következménye, hogy minden egyes redoxicentrumhoz szükségszerűen kísérő, töltés-kiegyenlítő sav-bázis reakció tartozik (I., III., IV. enzimkomplexe). Ezért az elektron továbbítását jelentő „vezetési redoxireakció” mellett ezek játsszák a protonpumpa, illetve protonszivattyú szerepét. Az oxidációs lépésben a protonpumpák Bronsted-savasságát a Lewis-savak erősségének növekedése fokozza. A citokrómokban az elektrontovábbítás (oxidáció) során a hisztidinligandum fokozott savassága felel meg a protonpumpának, míg az elektronfogadás (redukció) során a visszamaradó anion elektrosztatikus vonzása (bázikussága) működteti a protonszivattyút.

A protonpumpa-mechanizmusnak köszönhetően a redoxireakció-lánc mentén több proton keletkezik, mint amennyit a vízmolekulák képződéséhez a  $\text{NADH.H}$  sztöchiometrikan biztosít. Ezért a kialakuló protontranszportra élettani funkciók épülhetnek, az ATP-szintézis és az ozmózis.

A fő reakciót és a vezetési redoxireakciók kísérő sav-bázis reakcióit a belső membrán felszíni protonvezetése hangolja össze, és az ATP-szintáz  $F_0$  protoncsatornája osztja el az ATP-szintézis és a vízmolekulák képződése között (5. ábra).

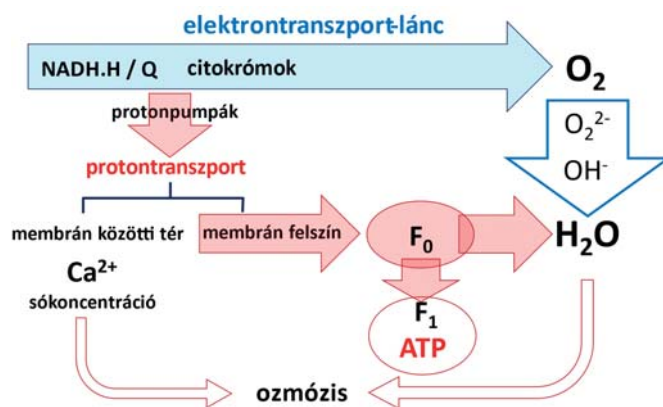
A protonpumpák aktív transzportja kettős következménnyel jár: Nemcsak a membránok közötti tér, hanem a belső membrán ezzel érintkező felszíne is „elsavasodik”. A sóhidakat hidrogénkötés-hálózat váltja fel, és a felszín a protonokat hasznosító ATP-szintézis, illetve a vízmolekula-képződés hatására protonvezetővé válik. Ezáltal a protonok célirányosan jutnak el az  $F_0$  protoncsatorna segítségével az ATP-szintáz  $F_1$ -egységéhez és a citokrómoxidázhoz. A foszfátionok és az oxigénmolekulából képződő ionok protonálódásával zárul a protontranszport és vele együtt az áramkör is.

Az elsavasodás membrán közötti térre vonatkozó következménye, hogy a hidrogénionok kiszorítják a kalciumionokat a foszfocsoportokkal alkotott „sóhidakból”. Ezáltal a belső membrán két oldalán különbözővé válik a sókoncentráció is, ami a képződő víz folyamatos eltávolítását biztosító ozmózis hajtóerejévé válik. A hidrogénionok aktív transzportjára a vízmolekulák passzív transzportja épül, aminek a feltételét az elektrontranszport-lánc redoxireakciói teremtik meg.

A bioüzemanyag-cellában a kémiai energia elektromos munkaként hasznosul. A bioelektromosság különlegessége, hogy elektronvezetés (az „electrocity”) mellett a protonvezetés (a „proticity”) is egyenértékű szerephez jut. Mert az önként lejátszódó töltés-kiegyenlítő folyamatra a vízmolekulák keletkezése mellett ATP-szintézis is épül. Az  $F_1$  enzimkomplex elforduló egységei, az eltérő aminosav-összetételüknek köszönhetően lokális sav-bázis reakcióval katalizálják az ATP szintézisét, illetve „hidrolízisét”. Ez-

által a közeg nem savasodik, illetve lúgosodik el. A reakció mindkét irányban Lewis sav-bázis-párok kooperatív kölcsönhatásával, az  $S_N2$  mechanizmushoz hasonlóan, inverzióval együtt járó szinkron elektrónpár-átrendeződéssel játszódik le. Amíg a szubsztrátszintű ATP-szintézis során oxidáció, az ATP-szintázban – az emzimatikus savkatalízissal – a foszforsav protonálódása segíti elő a foszforilcsoport aktiválását, a központi foszforatom elektrofilitásának és ezáltal reakcióképességének növelését. Az ATP hidrolízisét az enzím bázikus egységének protonátvétele indítja el, és a vízmolekulából képződő hidroxidion taszítja le az elektrofil foszforilegységről az ADP-t.

A folyamatok önszerveződésének módja Faraday elektromágneses indukciójára, illetve Onsager keresztteffektusára emlékeztet: Az egyik kölcsönhatás másik kölcsönhatást indukál. Az egyik transzportfolyamat – következményén keresztül – másik transzportot indít és tart fenn. Az egymásra épülő folyamatok egyúttal ok-okozati láncot alkotnak. A logikai lánc feltárása pedig segíti a fizikai kémiai folyamatok biológiai funkciójá történő szerveződésének megértését (6. ábra).



6. ábra. A protontranszport következménylánc. Az egymásra épülő folyamatok ok-okozati láncot alkotnak. A logikai lánc feltárása segíti a fizikai kémiai folyamatok biológiai funkciójá történő szerveződésének megértését

A membrán felszínén kialakuló protonvezető hidrogénkötés-hálózat, a nukleofil redoxireakciókban vagy a Lewis-féle sav-bázis reakciókban a párt alkotó elektronok „elválaszthatatlansága”, az enzimek közreműködésével a több molekulára kiterjedő szinkron elektrónpár-átrendeződés, valamint a  $\text{NAD-NADH.H}$  reakciói során megjelenő kételektronos-háromcentrumos kötés bizonyítja, hogy a biológiai mechanizmus különlegessége két elemi részecske „egzotikus” tulajdonságaira vezethető vissza. Szent-Györgyi Albertnek igaza volt: Az élet jellege az elektronok szintje nélkül nem érthető meg. A mitokondrium és a zöld színtestek elektrobiokémiai működése annyira komplex folyamat, hogy a nélkülözhetetlen biológiai szerveződés mellett egyszerre jelenik meg az elektron összes kvantummechanikai tulajdonsága és a proton „gátlálatlansága”.

#### IRODALOM

- [1] L. Stryer: Biochemistry, 4<sup>th</sup> edition, W. H. Freeman and Company, 1995.
- [2] Kajtár Márton: A szénhidrátok szerepe az élő szervezetben, Bruckner Győző: Szerves kémia 1–2, átdolgozott, ötödik kiadás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1974, 1166–1247.
- [3] Gárdos György, Sarkadi Balázs: Az ATP – az élet tüzelőanyaga. Természet Világa (1998) 129/2, 50–53.



Kutasi Csaba

# Az allergia, textiles szemmel is

Beclések szerint 400 millió ember allergiás ma a világon, tehát az allergia népbetegségnek számít. A WHO szerint 2050-re a világ lakosainak 50%-a lesz allergiás. Feltételezések szerint a bőrrel érintkező ruházatok és lakástextíliák okozta túlzott immunreakciók 7–10%-ban felelősek a megbetegedésért. Főként a különböző textilkikészítő műveletek során alkalmazott allergén vegyületek (színezékek, segédanyagok) idézik elő, ugyanakkor a textiltermékek gondozásához (mosás, egyéb tisztítás) használt szerek és maradványaik károsak lehetnek.

**A**z allergiát az immunrendszer túlzott reakciója okozza olyan anyagokra reagálva, amelyek immunválaszt váltanak ki a szervezetből. Ezeket az anyagokat allergénnek nevezik (pl. egyes vegyületek, nehézfémek, gyógyszerek, pollenek, állati szőrök, mikroorganizmusok, egyes rovarfélék ürüléke, egyes állatok mérgei stb.).

A túlérzékenységi reakció úgy alakul ki, hogy az allergén kapcsolódik az IgE- (immunglobulin fehérje, antitest) molekulához, amely egyes fehérvérsejtfajták (masztocita, bazofil) sejt szintű biológiai folyamatát (degranuláció) okozzák. Az emiatt felszabaduló anyagok (citokin, hisztamin, interleukin, prosztaglandin) gyuladást váltanak ki a szövetekben.

Az allergén által kialakult lokalizált tünetek aszerint változnak, hogy a test melyik részén alakul ki az immunrendszer túlzott reakciója. Így a levegő által terjedők (pl. pollen, por, atka-ürülék, vegyi anyagok, gázok stb.) a légutak és a szem szaruhártyájának gyulladását okozzák (szénanátha, orrnyálkahártya-vastagodás, orrváladékozás, tüsszentés, szemirritációval járó könnyezés stb.). A tüdőbe kerülő allergén asztmás tüneteket (nehézlégzés, köhögés, sípolás) válthat ki. A bőrön előforduló allergiás reakciók bőrpírral és duzzadással járó elváltozásokat (bőrgyulladás, ekcéma) idéznek elő. Az emésztőrendszerbe jutott allergének hasi fájdalmat, puffadást és egyéb kellemetlen emésztési problémákat okoznak.

A kontakt allergiát vagy irritációt a bőrkitettségből eredő allergének okozzák (allergiás kontakt dermatitisz; irritatív derma-

titisz). Előfordulhat, hogy az allergén vagy irritáló anyag a napfény (UV, 320–400 nm) hatására fejt ki hatását, amely fotodermatitist (fototoxikus, fotoallergiás) okoz (1. ábra).

A kontaktallergének általában oldható, kis molekulatömegű haptének (önmagukban képtelenek antitestek termelését kiváltani, kapcsolódhatnak nagyobb antigénekhez), amelyek át tudnak hatolni az epidermisz külső rétegén.

A kontakt módon kialakuló bőrgyulladás lokális kiütést vagy bőrirritációt idéz elő az idegen anyaggal való érintkezés helyén, csak a bőr felületét érintve. Irritatív dermatitisz alakulhat ki a hosszan tartó dörzsölés során, az emberi testtel érintkező textíliák következtében is.

A nem lokalizált súlyosabb esetekben fellépő túlzott reakció és az egész szervezetre kiterjedő, a rendkívül veszélyes – akár légzés-, ill. keringéleállással járó – anafilaxiás sokkot egyes élelmiszerek, gyógyszerek és rovarmérgek válthatják ki. Ennek előidézője az immunsejtekből rövid időn belül nagy mennyiségben felszabaduló közvetítő- (kémiai mediátor) anyag. Az allergiás bőrreakciók (pl. csalánkiütés) megjelenése, a kezek és talpak viszketése, a gyorsan meginduló orrfolyás, az émelygés, hányás, hasmenés, hasfájás figyelmeztető előjelek. A hirtelen fellépő rekedtség, köhögés, szapora légzés, vérnyomáscsökkenés ájulással, a légszomj a légutak beszűkülésének kezdetét jelzi, a megduzzadó szemhéjak és ajkak, illetve a gége dagadása is életveszélyes állapotra utal. Ilyen esetekben fontos a gyors orvosi beavatkozás.

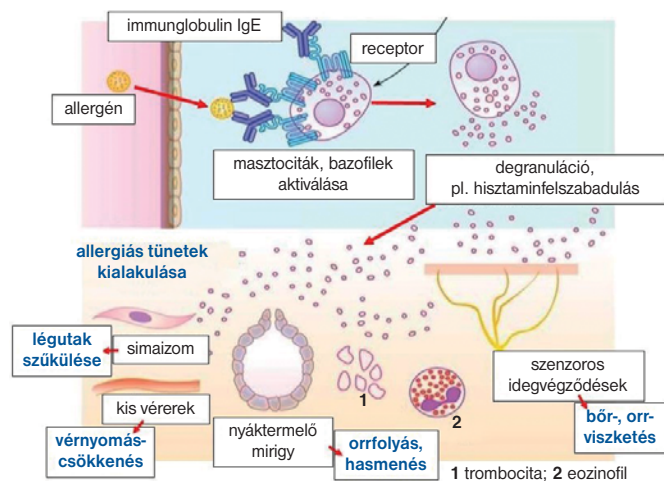
Az allergia ún. provokációs tesztekkel és vérvizsgálatokkal mutatható ki. A provokációs kontroll során kis mennyiségű allergén anyaggal vagy allergénkivonattal hozzák kapcsolatba a bőrt, és az érzékeny személyeknél adott időn belül helyi reakció jelenik meg. A vérből általában az összes IgE mennyiségét határozzák meg (az IgE felnőtt normálértéke <240 µg/l). Az egyéb eredetű IgE-növekedés kizárására az allergénspecifikus IgE-eljárást használják, az allergénnel kapcsolatba lépő immunglobulin meghatározásával. A vérből meghatározható még az eozinofil (egy fehérvérsejtfajta) által termelt fehérje az asztma kimutatására és a masztociták által termelt triptáz (fehérjebontó enzim), amely a súlyos anafilaxiás roham bekövetkeztére utalhat (2. ábra).

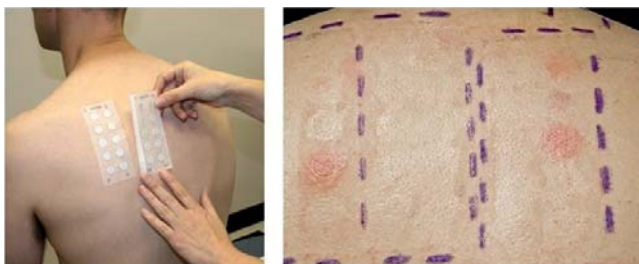
## Textilallergia

### Szálanyagok

A természetes szálanyagokat felépítő polimerek (cellulóz, fehérje) önmagukban általában nem okoznak irritációt, illetve allergiás tüneteket.

1. ábra. Az allergének hatása az emberi szervezetre



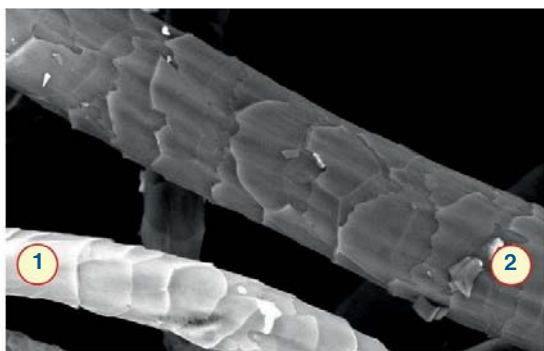


2. ábra. Provokációs teszttapasz az allergia kimutatására

A pamutszálak a gyapottermesztés során használt növényvédő szerekkel (gomba- és rovarölő peszticidok) lehetnek nyomokban szennyezettek (döntően felszívódva), ezért az érzékeny személyeknek a biopamutból készült alsóruházati termékek javasoltak.

A hánccrostok közül a len ugyan merevebb (a növényi ragasztóanyagok miatt), azonban jelentős nedvességfelvétele és gyors elpárologtatási képessége révén (hűsítő hatás) ruházatfiziológiailag kedvelt nyári viseletet biztosít.

Egyes gyapjú- és egyéb állati szőrök részben a morfológiai jellemzők miatt kelhetnek kellemetlen érzeteket. Főként a durvább – 20 µm-nél nagyobb szálátmérőjű – gyapjuszálakból készült termékek egyeseknél bőrirritációt idéznek elő a szűrő jellegű hatás miatt, a finomabb szálak nem irritálnak (3. ábra).



1 → lágy, finom gyapjú 2 → „szűrős”, durvább gyapjú

3. ábra. Különböző finomságú gyapjuszálak hosszi elektronmikroszkópos képe

A tisztán szintetikus szálakból készült termékek főleg alacsony nedvességfelvételük miatt okoznak diszkomfortot, mert az izzadmány a bőrfelületen megreked (viszkető hatás, izzadság miatti irritáció). Egyes mesterséges szálanyagoknál szigorúan szabályozottak a gyártással összefüggő maradványanyagok (pl. poliészternél az antimon, poliakrilnitrilnél a maradék akrilnitril-tartalom stb.). A gumirugalmas elasztánszálban (poliéter-poli-karbamid kopolimer) határérték felett előforduló izocianátok okozhatnak akár bőrgyulladást is.

Az adott rusztikus kialakítású szövött és kötött kelmékből előállított, illetve egyéb textiltermékek és kellékek emberi bőrrel való kapcsolata a dörzsölő igénybevétel miatt irritációs elváltozást idézhet elő, ennek semmi köze sincs a szálanyag morfológiai és polimerszerkezeti sajátosságaihoz.

## Vegyületek, vegyi segédanyagok

A különböző szálanyagok keverékeiből előállított nyerskelmék kikészítőüzemi feldolgozása során (előkészítés-fehérítés, színezés, mintázás nyomással, vegyi véggikészítés) számos vegyia-

nyaggal végeznek kezeléseket, amelyek jelenlétükkel adott hatás/képesség elérését, illetve tartósságát biztosítják, és nyomokban a textíliákban maradhatnak.

A különböző textiltermék esetében több vegyület, vegyületcsoport mennyiségi előfordulásának (ppm) kontrollálása fontos, amelyek csak a REACH-rendelet szerint előírt minimális határérték betartásával fordulhatnak elő, a tiltottak pedig a kimutathatóságot nem érhetik el. Ezek vázlatosan összefoglalva (4. ábra):



4. ábra. Lehetséges vegyületcsoportok a textiltermékekben

- szabad és részben felszabaduló formaldehid (főleg műgyantás nemesítő kikészítőanyagok),
- extrahálható nehézfémek (pl. kadmium, króm(VI), nikkel, kobalt, réz, antimon, higany, arzén stb.; egyes színezékek és pigmentek),
- peszticidok (növényvédő, ill. kártevők elleni vegyületek a természetes szálanyagokban),
- klórfenol-származékok (PCP és TeCP; konzerválószerként egyes kikészítőanyagokhoz),
- ftalát tartalom (DBT, BBP, DINP, DNOP; egyes, pl. PVC-kezeléssel bevonatolt textíliák),
- szerves ónvegyületek (pl. TBT, TPhT, BDT, DOT stb.; szagtalanító, antimikrobiális kikészítőszer),
- klórozott benzol, toluol (zsíroló, tisztítószer),
- policiklikus aromás szénhidrogének (lángyítószer),
- biológiailag aktív anyagok (egyes engedélyezett biocid kikészítőszer),
- égéscsökkentő (lángolásgátló) kikészítőszer (pl. a tri-(2,3-dibrom-propil)-foszfát, polibromozott bifenilek csak szigorú korlátozással),
- oldószermaradványok (pl. színezési, nyomási segédanyagokból),
- per- és polifluorozott vegyületek (pl. a PFOA, PFNA, PFDA, PFHpA stb.; olaj és víztaszító kikészítőanyagok),
- UV-stabilizátorok (pl. UV 320, 327, 328, 350; szintetikus szálanyagokban öregedésgátlóként),
- illékony anyagok (pl. sztirol, butadién stb. textíliarégezéséhez),
- egyéb vegyi anyag-maradványok (pl. anilin, fenol, biszfenol stb.),
- színezékek (pl. a redukcióra rákkeltő aril-aminra bomló azoszínezékek, továbbá meghatározott diszperziós és egyéb, egyes nehézfém-tartalmú színezőanyagok, pigmentek),
- egyes felületaktív anyagok mosószerben (pl. oktil-fenol, polietoxi-származék környezetszennyezés miatt), kvaterner-ammónium-vegyületek (háztartási öblítőben).



Textíliák irritáló, allergizáló vegyianyagai

A felsorolásban feltüntetett – engedélyezett határértéken belüli – valamennyi anyag, anyagmaradvány nem okoz allergiás tünetet, ill. bőrirritációt. Ettől függetlenül több lehet egészségre kockázatos (rákkeltő, szaporodást károsító stb.), ha tiltás ellenére előfordul vagy mértéke a megítélnél nagyobb. A bizonyítottan az immunrendszer túlzott reakcióját kiváltó vegyületek:

– A **formaldehid** főleg a pamut- és pamuttípusú szövetek gyűrődéssel szembeállító képességét, méretállandóságát, könnyű kezelhetőségét biztosító nemesítő végkikészítésekkel kapcsolatos. A reaktív műgyanták terén az utóbbi időben a formaldehid-szegény, ill. esetleg formaldehid-mentes kikészítőszerke kerültek előtérbe. Jellemző, hogy a kezdeti (1950–60-as évek) melamin-formaldehid típusú műgyanták esetében gyakori volt a kikészített textilanyagok 3000 mg/kg (ppm-es) feletti formaldehid-tartalma, jelenleg a

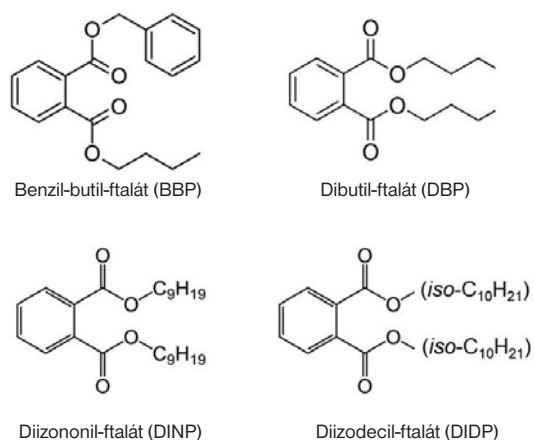


5. ábra. Ruházzal kapcsolatos allergiás tünetek

szigorúbb előírások 20–30 ppm határértéket engedélyeznek. Például alacsony formaldehid-tartalmú a metoxi-metilézett dihidroxi-etilénkarbamid – amely kiváló gyűrődéssel szembeállító képességet és méretállandósítást biztosít –, formaldehid-mentes a dimetil-dihidroxi-etilénkarbamid, ill. a dimetil-glioxál-karbamid. Fontos megjegyzés, hogy a formaldehid-mentes kikészítőszerkekből akár kétszeres mennyiség is szükséges a kívánt hatás elérésére (5. ábra).

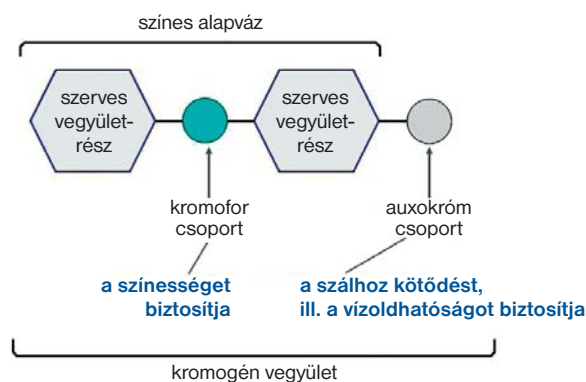
– A különböző **ftalátokat** főleg a PVC lágyítására (puhaság, rugalmasság, tartósság) használják kb. 35–40%-os előfordulással. Egyes textiltermékeken pl. kenéssel alakítanak ki PVC-bevonatot, ill. a részben korlátozott plasztizolnyomásoknál alapozó ré-

6. ábra. Példák egészségre veszélyes ftalátvegyületekre



tegment alkalmazták. Bizonyos ftalátok, metabolitjaik és bomlástermékeik egészségkárosító hatásúak (többek között a hormonrendszerbe beavatkoznak, rontják a szaporodóképességet). A DEHP, a DINP és a DIDP kapcsán felmerül, hogy biokumulatívok (felhalmozódnak az élő szervezetekben). Főleg szemirritációt okoznak (6. ábra).

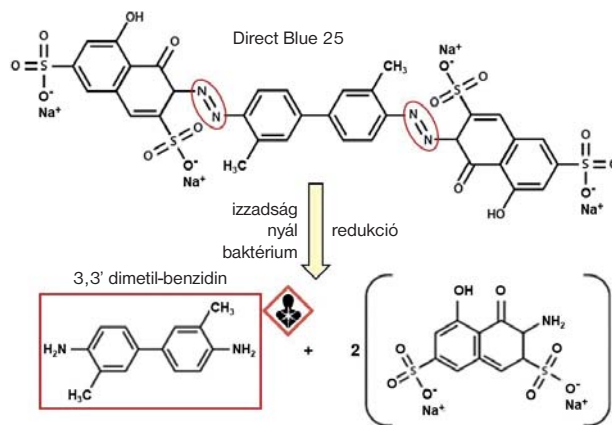
– A **textilszínezékek** döntően szubsztituált – általában telítetlen – aromás vegyületek; kb. 4000 egyed szerepel a Colour Indexben. A színességet biztosító kromofór csoportok mellett fontosak a színes vegyületet színezékké tevő auxokróm csoportok, így jönnek létre a színezéksavak, vagy -bázisok (amelyek vízben oldható színezéksókat képeznek), ill. elősegítik a szálon való megkötődést. További jellegzetes atomcsoportok – mint szubsztituensek – az abszorpciós maximumot is megváltoztatják (a batokróm csoportok a nagyobb, a hipszokrómok a kisebb hullámhossz felé tolják a színérzetet) (7. ábra).



7. ábra. A színezékek egyszerűsített általános felépítése

A textilszínezékek több mint fele azovegyület, amelyben az alapvegyület-részeket egy vagy több azocsoport (–N=N–) kapcsolja össze, ez(ek) egyúttal kromofór csoport(ok) is (a kromofór rész biztosítja a részleges fényelnyelést). Az aszínézékek alapvetően nem okoznak allergiát, az egészségre káros hatást kétféleképpen okozhat, amelyből a bőrön redukció hatására rákkeltő aril-aminok képződnek. Főleg egyes direkt és savas színezékekre volt jellemző, jelenleg Európában tiltott a használatuk, vagy a minimális hatérték szigorú betartásával alkalmazhatók. Helytelenül kezdett elterjedni, hogy szinte minden aszínézék veszélyes, ez messze nem fedi a valóságot, miután mindössze 24 vegyületük rákkeltő. Számos színezék színes alapváza azovegyület, így például a direkt, savas, bázisos, reaktív és diszperziós színezékekben is előfordulnak (8–9. ábra).

8. ábra. Egy rákkeltő aril-aminra bomló aszínézék

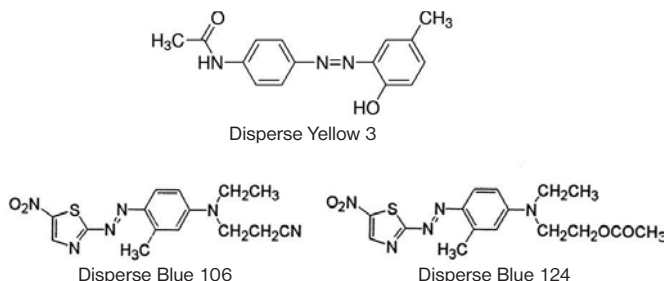




4-aminodifenil benzidin	3,3'-diamino-4,4'-diaminodifenilmetán
klór-o-toluidin	p-krezidin
2-naftil-amin	4,4'-metilén-bisz(2-klór-anilin)
o-aminoazotoluol	4,4'-oxidianilin
2-amino-4-nitrotoluol	4,4'-tiodianilin
p-klór-anilin	o-toluidin
2,4-diamino-anizol	2,4-toluiléndiamin
4,4'-diamino-difenil-metán	2,4,5-trimetilanilin
3,3'-diklórbenzidin	o-anizidin
3,3'-dimetoxibenzidin	p-amino-azobenzol
3,3'-dimetilbenzidin	2,4-xilidin
	2,6-xilidin

### 9. ábra. Rákkeltő aril-aminra bomló azoszínezékek

A textilszínezékek közül alapvetően több *diszperziós színezék* tartozik a kontakt allergiát okozók közé. Vízdoldhatóságot adó csoportokat elvileg nem tartalmaznak, vizes diszperziókban jól színezik a cellulózszármazékokat (acetátszálak) és a hidrofób szintetikus szálakat (pl. poliészter, poliamid). Kémiai felépítésük alapján nitro-, azo- és antrakinon-szerkezetű színezékek. A diszperziós színezékek kis molekulaméretű, zsírban oldódó vegyületek, így a bőrön át bejuthatnak a szervezetbe. Az OEKO-TEX® 100 szabvány (önkéntes megkülönböztető minőségjel eléréséhez szükséges előírás) 22 egyedet sorol fel, amelyek Color Index-, ill. CAS-szám alapján azonosíthatók. A már szóba került dermatitisz gyakran azokon a testfelületeken alakul ki, ahol állandó a dörzsölőhatás és az izzadmány keletkezése (10. ábra).



### 10. ábra. Példák allergiát kiváltó diszperziós színezékekre

– A *nikkel* főként a ruházati termékek záródási kellei (szegcsett fémgombok, fém zárláncú cipzárak, záródási kapcsok, ill. csatok stb.) következtében kerül említésre. Ez a nehézfém biokumulatív mérgező anyag kockázatát veti fel magas expozíció esetén, beleértve a bőrgyulladásához vezető irritációt is. Ezért nem használhatók fel az emberi bőrrel közvetlenül és hosszú ideig érintkező termékekben, amennyiben a nikkel felszabadulásának mértéke meghaladja 0,5 µg/cm<sup>2</sup>/hét határértéket. A nikkelre kerülő bevonatnak is teljesíteni kell 2 évig tartó rendeltetésszerű használatnál ugyanezt a kritériumot (11. ábra).

– A *latex* okozta túlzott immunválasz kontakt dermatitiszként

### 11. ábra. Nikkeltől eredő allergiás tünet



(bőrkiütés, hólyagok képződése) és irritatív módon (száraz, viszkető, irritált területek) jelentkezhet. A textiltermékekben is használt gumiszál az elasztodiének közé sorolható alapanyagból (izoprénből, butadiénből és kloroprénből stb. képzett elasztikus polimer) készül, egyszerűsítve mesterséges vagy természetes kaucsukból (ami vulkanizálás után alakul gumivá). Az alapanyagon kívül a polimergyártáshoz használt vegyi adalékanyagok is allergének. Előfordulhat ún. burkolt fonalként is, amikor a gumi magzálat valamilyen módszerrel más szálanyaggyal (pl. pamuttal) körbeburkolják, így a bőrrel közvetlenül kisebb a kapcsolat, de a kockázat így sem kizárt. Főként a ruházatok egyes kiegészítői, pl. derékszalagok gumiszálai válthatják ki az allergiás tüneteket. Fokozza a problémát, hogy a textiltermékek nyersanyag-összetételének megadási előírásai (papírcímkén, csomagoláson, bevarrt szalagcímkén) a ruházati cikk összes tömegéhez viszonyított százalékban határozzák meg a feltüntetendő szálanyag-megnevezéseket, így a latex kis mennyisége miatt általában nem jelenik meg. Vannak latexmentes textiltermékek is, ezek nem jelentenek kockázatot az érzékeny személyeknek (12. ábra).



példák a gumiszál felépítő polimer monomerjeire



latex derékszalag okozta bőrelváltozás

### 12. ábra. A gumiszál felépítése és bőrelváltozás

– A textiltermékek gondozásához használt *felületaktív anyagok* (pl. mosószerek) a zsíroló hatásukkal kapcsolatos lúgos kémhatás (ha az alkália a nem kellő öblítés során bennmarad) miatt bőrizgatók, nyálkahártya-károsítók. A mosópor-allergia okozója lehet esetleg az enzim-hozzáét (igaz, a mosást követően általában hatását veszti), ill. az esetleges illatanyag.

– Az *öblítőszer*ek fő hatóanyagként *kationos felületaktív anyagokat* – kvaterner ammóniumvegyületeket (pl. dietil-észter-dimetil-ammónium-klorid, cetil-trimetil-ammónium-bromid) tartalmazhatnak, további lágyítóként benzotiazolinon is előfordulhat. Ezek a vegyületek az érzékeny személyeknél allergiás reakciókat válthatnak ki. Az *illatanyagok* közül irritációt okozhat például a citrál (citromfűolaj), eugenol (szegfűszeg-, szerecsendió-, fahéjölaj), geraniol (rózsaillatú olaj), cinnamal (kamilla-illóolaj), kumarin (vaníliaillat), cinnamil-alkohol (jázminhoz hasonló illat), hidroxicitronellal (mandarin-illóolaj).

### IRODALOM

- Jancsó Eszter: A textiltermékek előállításával és tulajdonságaival kapcsolatos kémiai biztonsági követelmények. Magyar Textiltechnika (2008) 6. sz.  
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Allerg%C3%A9n>  
[https://hu.frwiki.wiki/wiki/Dermite\\_de\\_contact](https://hu.frwiki.wiki/wiki/Dermite_de_contact)  
<https://dermetnz.org/topics/textile-contact-dermatitis>  
<https://www.google.com/search?client=firefox-b-&q=allergy+caused+by+textile+rinse+aids+>  
<https://www.oeko-tex.com/en/our-standards/standard-100-by-oeko-tex>  
<https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/latex-allergy/symptoms-causes/syc-20374287>  
 Kutasi, Csaba: A textiltermékek kémiai biztonsága a kockázatok kizárásával, Kaleidoscope (2018) 17. sz.



Németh Liza Szófia a TETT-mesepályázaton is díjat nyert

## A DR. KÓNYA JÓZSEFNÉ EMLÉKPÁLYÁZAT 2022. ÉVI FŐDÍJASA

Németh Liza Szófia

■ Debrecen, Tóth Árpád Gimnázium

# Laboráns néni, nyerít a kémcső!

Amiért érdekel a kémia, amiért szeretem a kémiát,  
ami számomra értékes, vonzó és érdekes a kémiában (részletek)

*A pályamunka megírásában Hotziné Pócsi Anikó tanárnő nyújtott mérhetetlen mennyiségű segítséget. Akkor is a rendelkezésemre állt, ha nagyon későn értünk haza a különböző iskolai konzultációkról és alapítványos találkozókról, ha millió meg egy dolga volt az érettségivel, vagy ha egyszerűen csak összedőlt a világ... Az, hogy ez a pályamunka elkészült, legalább annyira az ő érdeme, mint az enyém. Segített az ötletelésben, véleményezte az írást, és a kísérleteket is együtt végeztük, én pedig nagyon hálás vagyok neki azért, hogy a szárnyai alá vett.*

*Külön köszönet jár Fülöpné Szegedi Erikának, mindannyiunk kedvenc „Laboránsnéni”-jének, aki összekészítette a tálcámat a kísérletekhez, illetve a szüleimnek, akik ezúttal sem voltak restek felhívni a figyelmemet a szövegben fellelhető elütésekre. Továbbá hálával tartozom a Patás Pajtás Lovasudvar összes kétlábú és négy lábú tagjának, akiknek nem tudom elégszer megköszönni, hogy náluk sajátíthattam el a lovaslás alapjait, és akiknek be kell ismernem, hogy bár a rendszeres találkozások óta már nagyon sok lovardában megfordultam, de még mindig ugyanaz a külön lovas vagyok, aki fejből tudja a csikósműsort és amikor csak teheti, szórén üli a lovat. Ezenkívül köszönetet kell mondanom nővéremnek és edzőmnek, Lilinek, akinek a kezei alatt a lovardai lovaslást is elsajátíthattam, és aki olyan nagyvonalú, hogy megengedi, hogy lovagoljam a lovát.*

*És természetesen Szepinek, Lepkének, Antaresnek, Yakimnak és Mágusnak is jár egy kiadós simogatás és egy nagy adag sárgarépa, amiért engedték, hogy a lovak kémiáját tanulmányozzam rajtuk, vagy amiért elősegítették, hogy működjön a kémia köztem és a lovas életforma között.*

### Előszó

Aki ismer, az pontosan tudja, hogy mindig a saját fejem után megyek. Ha valamit kigondolok, hirtelen olyan leszek, mint egy szagot fogott vadászkutya: senki és semmi nem tántoríthat el a célom megvalósításától, addig megyek, amíg véghez nem viszem. Ezúttal sem volt ez másképp: még be sem adtam a pályamunkámat a tavalyi dr. Kónya Józsefné Emlékpályázatra, de már akkor tudtam, hogy a következő tanévben is meg fogom mérettetni szellemi termékemet, amely nem lehet mással kapcsolatos, csak is a lovak kémiájával.

A témaválasztásnak több oka is volt. A legfőbb természetesen az, hogy ezek a négy lábú, szőrös teremtmények kicsi korom óta fogva tartják a szívemet. Ugyanez igaz a kémiára, azon belül pedig a szerves kémiára is, annyi különbséggel, hogy az egy pár évvel később ejtett rabul. És őszintén szólva, hol lehet több és szaftosabb szerveskémia-morzsat találni, mint egy lóban? Na hol? Igen?

Hát persze hogy a lovakon és a lovak körül!

### Lóápolás

A lovaslét nemcsak annyiból áll, hogy felülünk a lóra, lovagolunk rajta, ameddig tetszik, majd leszállunk és hazamegyünk. Először például lovaslásképes állapotba kell hoznunk szőrös sporttársunkat, azzal, hogy eltávolítjuk róla az istálló vagy a legelő összes piszkát, amit magára pakolt, azaz lovasnyelven szólva lecsutakoljuk. Ez egyébként nemcsak arra szolgál, hogy tisztább legyen a ló, hanem a ló-lovas kapcsolatot is erősíti. Ami miatt azonban számunkra izgalmas ez a folyamat, az az, hogy rengeteg kémia lelhető fel benne.

### Lószőr

Ha szerencsések vagyunk, és a lovunk csak mérsékeltlen koszos, akkor elegendő egy- vagy kétfajta kefével elvégezni a csutakolást. Ez különösen nagy élmény tavasszal, ugyanis a lovak ruhatárában ilyenkor nagyarányú csere zajlik, azaz ilyenkor váltják le a téli szőrzetet a nyárirra. Ezt a szakkönyvek szerint vedlésnek hívják, a gyakorlatban a következőképp nyilvánul meg: a lovas egyetlenegyszer végighúzza a ló nyakán a keféjét, aminek következtében a levegőben brutális méretű szőrfelhő keletkezik, ami végül a lovason landol. Ez megismétlődik úgy harmincszor vagy negyvenszer a ló különböző testrészein, a folyamat vége pedig az, hogy a lovason több szőr lesz, mint a lovon. Komolyan mondom, egy ilyen eset után mindig attól szoktam félni, hogy végül én leszek felnyergelve és nem a ló, mert kívülről körülbelül ugyanúgy nézünk ki... Ha azonban már ennyire bővelkedünk lószőrben, vizsgáljuk meg a kémikus szemével is!

Nemcsak a lószőrt, hanem bármely más emlős szőrét, de még az emberi haját is egy keratin nevű fehérje építi fel. A fehérjék aminosavakból álló szerves molekulák, amelyekben az alegység-



gek peptidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Elsődleges szerkezetükön az aminosavak szekvenciáját, azaz kapcsolódási sorrendjét értjük. Ez határozza meg a fehérje biológiai funkcióját és a többi szerkezetet is.

A másodlagos szerkezet azt takarja, hogy a polipeptidlánc milyen térszerkezetet vesz fel. Itt két választási lehetősége van a fehérjemolekulának, amely nagyon komoly dilemma. Az egyik vonzó opció az  $\alpha$ -hélix, ahol a lánc spirális alakban tekeredik fel, a másik pedig a  $\beta$ -redő, amelyben az egymást követő csoportok nem azonos síkban vannak és ellentétesen váltakoznak, létrehozva ezzel egy jellegzetes elrendeződést. Ezt leginkább úgy tudnánk körülírni, mintha a klímaváltozás miatt a lovardára lecsapott volna a tájfun, és az összes épület háromszög alakú tetejét lefújta és egymás mellé állította volna a legelőn.

Hogy tovább nehezítsük szegény fehérje dolgát, újabb választási lehetőség elé állítjuk, azaz rátérünk a harmadlagos szerkezetre, amely szintén komoly dilemma, ugyanis ez is kétféle lehet. Ha az  $\alpha$ -hélixek és a  $\beta$ -redők hajlandóak megbarátkozni egymással, akkor globuláris fehérjéről beszélünk. Ez olyan elrendeződés, amelyben  $\alpha$ -hélix és  $\beta$ -redő szerkezetű alegységek is megtalálhatóak. Ha azonban a két struktúra ki nem állhatja egymást, akkor fibrilláris fehérjéről beszélünk, amelyben vagy csak az egyik, vagy csak a másik változat található meg.

A legtöbb fehérjének negyedleges szerkezete is van, amelyen a molekula más fehérjékhez vagy egyéb részecskékhez való térbeli viszonyát értjük.

A keratin egy rostfehérje, amely borzasztóan magának való, senkivel nem reagál szívesen. Az élő szervezetben speciális sejtek, a keratinociták termelik, amelyek hosszú távon annyira kikészülnek a molekula jellemétől, hogy mély letargiába esnek, és bele is pusztulnak a termelésébe. A keratinnak kétféle típusa van,  $\alpha$  és  $\beta$ , csak hogy minél kreatívabbak legyünk a jelöléseknél. Előbbi a szőr, a bőr, a haj és a pata anyaga emlősökben, míg utóbbi a szarupajzsokat, pikkelyeket és páncélokot alkotja a hüllők kültakarójában.

Az  $\alpha$ -keratin (tehát a lószőr építőköve) elsődleges szerkezetét mintegy 310 aminosav alkotja, melyek közül a leggyakoribb a glicin és az alanin. Ezek viszonylag kisméretű molekulák, melyek azért jók, mert könnyen ki tudják alakítani a fehérje másodlagos szerkezetét, amely az  $\alpha$ -keratin esetében – kapaszkodjunk meg – nem más, mint  $\alpha$ -hélix. A harmadlagos szerkezet fibrilláris, amelynek óriási jelentősége van, ugyanis amíg a globuláris fehérjék kolloidálisan oldódnak vízben, addig a fibrillárisok nem. Gondoljunk csak bele, ha a szőrben lévő fehérjék globuláris szerkezetűek lennének, akkor egy egyszerű lómosás során nemcsak a lóvon felgyülemlett koszt tudnánk hatékonyan eltávolítani, hanem a szőrért is mind egy szálig, hiszen az feloldódna a vízben. Tény, hogy így már nem kellene megszabadítanunk a ruházatunkat a rákerült lószőrtől, mert nem lenne objektum, amiről rákerülne, de én azon az állásponton vagyok, hogy az epilálás emberi hóbort, a lóhölgyek meg igenis szőrösen szebbek, a lóurakról nem is beszélve, meg aztán a szőrnek nemcsak esztétikai, hanem biológiai funkciói is vannak, amiket nem lehet lótakaróval pótolni.

### A nagy lósampon-teszt

Ha nem vagyunk olyan szerencsések, hogy a lovunkra tapadt koszt kefe segítségével távolítsuk el, mert szőrös barátunk egy három centi vastag trágyaréteggel ékesítve fogad bennünket, akkor nincs más hátra, mint előre: nem ússzuk meg a lómosást.

Ilyenkor azt kívánom, hogy bárcsak olyan egyszerű lenne a dolog, hogy beállítom a lemosandó drága lényt a patamosóba és

nemes egyszerűséggel leslagozom, de sajnos a kémia ebben az esetben nem az én oldalamon harcol. Az alábbi kísérletben éppen ezt a problémát vizsgáltuk.

Bemutatom Mágust, aki gyönyörűszip szürke ló (tudom, tudom, hogy fehér, de mi lovasok szeretjük azzal bonyolítani az életünket, hogy nem úgy nevezzük el a ló színét, mint amilyen színű valójában). Mágus kedvenc hobbija az, hogy rendszeresen belehempereg a saját trágyájába, amivel határtalan örömet tud okozni a gazdájának és nekem. A szürke lovaknál ez egyébként gyakori viselkedésforma, feltehetően arra tett sikertelen próbálkozás, hogy beleolvadjanak a környezetükbe.



Mágus (alsó élőlény) és Liza (felső élőlény)

Mágust azonban ilyen állapotban nem túl szerencsés lovagolni, úgyhogy egy kísérlet keretében nekiálltunk megszabadítani azoktól a trágyafoltoktól, amiket fáradtságos munkával magára pakolt. Bocsánat, Mágus, megígérem, hogy edzés után a karámban majd újra hódolhatsz kedvenc hobbidnak!



### KÍSÉRLET

A kísérletben alanyként egy koszos Mágust használtunk. Kerestünk rajta három közel azonos sajátágú, hívogató trágyafoltot, majd munkához láttunk: az elsőt vízzel itattuk át, a másodikat vízzel és folyékony szappannal, a harmadikat pedig vízzel és lósamponnal. Mindegyik anyagunk körülbelül egy perc kontaktidőt hagyunk a tisztítandó felülettel, majd lemostuk őket, ezután pedig megfigyeltük és összegeztük az eredményeket.

Azt tapasztaltuk, hogy a víz csak halványított a foltot, míg a lósampon és a szappan gyakorlatilag teljesen eltávolította. Utóbbi két anyag hatásfokában nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget.

A jelenség magyarázata részben a hasonló a hasonlóban elv, azaz az apoláris sajátágú anyagok jellemzően apoláris oldószerekben oldódnak jobban, míg a polárisak polárisban. A víz poláris oldószer, a lótrágyában viszont hemzsegnek az apoláris molekulák, a két tábor pedig legalább annyira nem állhatja ki egymást, mint Shakespeare művében a Capuletek és a Montague-k.

Amikor vízzel próbáljuk meg eltávolítani a foltot, akkor az történik, hogy a víz megnedvesíti, fellazítja a trágyát, ami így már nem fog olyan szorosan kötődni a lószőrhöz, és ezért egy bizonyos mennyiség leválik. Ebben az esetben azonban nem történik oldódás, vagy ha igen, csak minimális mértékű, ezért nem is olyan hatékony a tisztítás.

Ha azonban lósampon vagy szappant is keverünk a vízhez, akkor más a helyzet. Itt már nem egészen a hasonló a hasonlóban elv a magyarázat, hanem az, hogy mind a szappan, mind a lósampon tartalmaz



ún. amfipatikus molekulákat. Ezek a részecskék rendelkeznek poláris és apoláris résszel is, amelyek közel azonosak, éppen ezért képesek kapcsolatot teremteni az apoláris lótrágya és a poláris víz között. Azonban tudatosan nem árulok el mindent az amfipatikus részecskékről, ugyanis még rengetegszer fogunk találkozni velük...

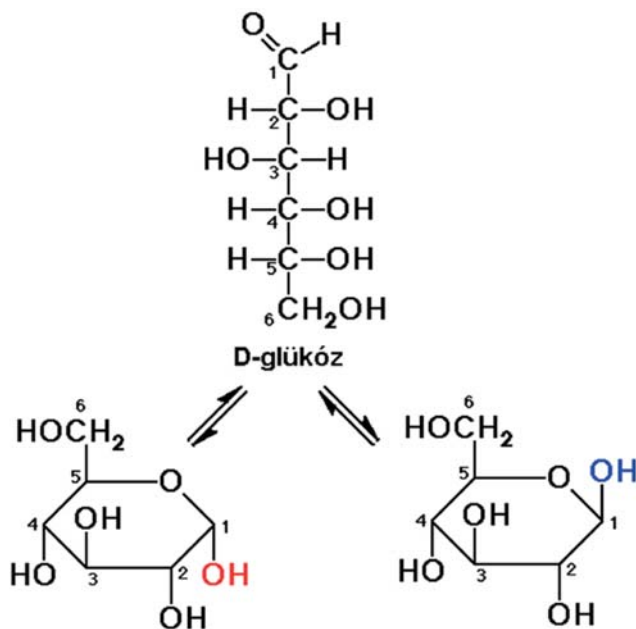
Azt azonban még le kell írnom ennek a kísérletnek a kapcsán, hogy mivel a közönséges szappan és a lósampon hatásfoka között nem találtunk szignifikáns különbséget, ezért nagyon valószínű, hogy a címkén lévő LÓSAMPON felirat csupán marketingfogás.

## Jó étvágyat!

### Fű és széna

A ló természetes táplálékai a különböző fűfélék. Ezek legjobb alternatívája a fűszéna, amely a legelőn kaszált mindenféle földi jó megszártásával keletkezik. Legelőnyösebb tulajdonsága, hogy rengeteg cellulózt tartalmaz, amely a lovak elsődleges energiaforrása.

A cellulóz a növényekben a sejtfal anyaga. Alapegysége a  $\beta$ -D-glükóz, amely a glükózok népes családjának büszke tagja.



Felül: nyílt láncú glükóz

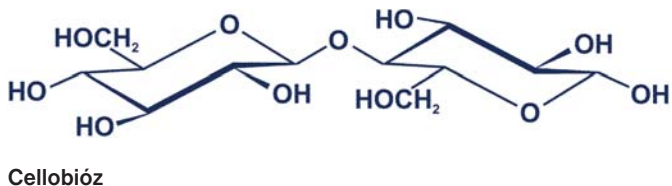
Alul:  $\alpha$ -D-glükóz (balra) és  $\beta$ -D-glükóz (jobbra)

A glükóz ( $C_6H_{12}O_6$ ) egyszerű szénhidrát, azaz monoszacharid. Amint a képletéből is látszik, a hexózok közé tartozik, hiszen a szénláncba hat szénatomból áll. Ráadásul nem is akármilyen hexóz, hanem aldohexóz, ugyanis egyetlen és féltve őrzött oxocsoportja láncvégi szénatomhoz kapcsolódik, feltéve, ha nyílt láncú formában van. Ez a forma azonban kevésbé stabil, ezért nyílt láncú barátunk gondol egyet, és gyűrűvé záródik, amit kétféleképpen tehet meg. A dolog attól függ, hogy Szénhidrátföldön éppen mi a divat: az, hogy a hatodik szénatom és a glikozidos hidroxilcsoport azonos, vagy eltérő térélen van-e? A rettenetesen ronda nevű glikozidos hidroxilcsoport az az OH-csoport, amely a gyűrűben az első számú szénatomhoz kapcsolódik. A láncban a hatodik helyen lévő szegény kicsi szénatomot pedig kiközösítette a többi öt, hiszen ő volt a legutolsó a nyílt láncú formában. Éppen ezért a gyűrűvé záródáskor nem kapcsolódhat be a tényleges gyűrűbe. A helyét az étercsoport veszi át, ő maga pedig a hozzá kapcsolódó csoportokkal együtt csak az ötös számú szén-

atom tartozéka lehet. Ám mielőtt a hozzám hasonló hiperszenzitív olvasók mély letargiába esnének a szomorú szénatom-szappanopera miatt, elárulom, hogy a gyűrűs glükózokról szóló ábrákon mindig a gyűrű fölé van rajzolva a hatodik szénatom, szóval az egész világot a VIP-szektorból szemlélheti, onnan fölülről, tehát mégiscsak boldog véget ér számára a történet.

Ha a hatodik szénatom és a glikozidos hidroxilcsoport a gyűrű két ellentétes oldalán van (tehát a hatos szénatom a gyűrűhöz képest „felfelé”, míg a glikozidos hidroxilcsoport „lefelé” áll), akkor  $\alpha$ -D-glükózzal beszélünk, ha pedig azonos oldalon vannak, azaz mindkettő a gyűrűhöz képest „felfelé” helyezkedik el, akkor  $\beta$ -D-glükózzal. A valóságban persze semmi nem ilyen idilli, hiszen a gyűrűvé záródáskor jellemzően nem egy kör alakú molekula jön létre, hanem – kapaszkodjunk meg – szék alakú. Nem viccelek, ez a felettebb különös hangzású székkonformáció, bár őszintén szólva én csak a fantáziám maximális mértékű megértését követően látom bele a széket. Ráadásul még a gyűrűről leelőg glikozidos hidroxilcsoportok sem felfelé és lefelé állnak, hanem sokkal csúnyábban. Az  $\alpha$  módosulatban a „szék” tengelyével párhuzamosan, azaz axiális helyzetben, a  $\beta$  módosulatban pedig a tengelyre merőlegesen, ekvatoriálisan.

A kétféle gyűrűs glükóz közül a  $\beta$  stabilabb, ami felettebb kapóra jön számomra, hiszen ahhoz, hogy eljussunk végre a cellulózig, mesélnem kell egy kicsit a módosulatok társasági életéről. A  $\beta$ -D-glükózok igazán extrovertált molekulák, nagyon könnyen kötnek barátságot. Ha két  $\beta$ -D-glükóz találkozik, és szimpatikusnak találják egymást, ami nagy eséllyel megtörténik, akkor összekapcsolódnak, és cellobióz lesz belőlük, amely „egyenes” szerkezetű, közel síkalkatú molekula.



Így aztán ha több cellobióz összebarátkozik és összekapcsolódik, akkor szál alakú molekula alakul ki, ez a cellulóz. A szálak kötegekké, a kötegek pedig rostokká rendeződnek, amelyek vígan élnek az életüket a fűszálban, amíg a lovak a legelőn le nem legelik őket. A cellulóz nagyon sokáig sértetlenül elúszkál a ló emésztőtraktusában, ugyanis nagy molekulamérete miatt nem oldódik semmilyen vizes közegben, és a molekulájában fellelhető mérhetetlen mennyiségű 1-4-glikozidkötések bontása sem olyan egyszerű. A cellulóz gyakorlatilag sértetlenül kerül a lovak jól fejlett vakbelébe, ahol azonban már tükön ülve várják a cellulózbontó baktériumok, amelyek celluláz enzimet termelnek, és a cellulózt kis szénatomszámú karbonsavakká, jellemzően ecetsavvá alakítják, a ló szervezete pedig ebből nyer energiát.

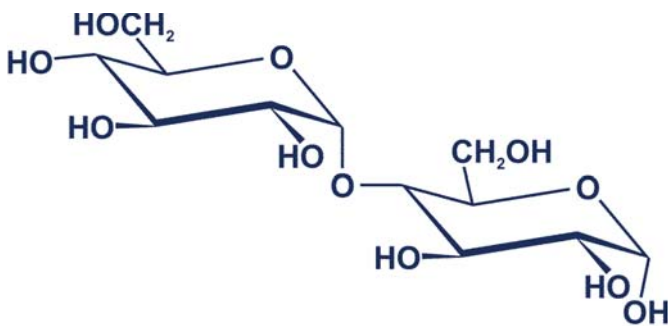
### Szemestakarmány

A lótulajdonosok szeretik kiegészíteni a lovak étrendjét olyan takarmányokkal, amelyekből több energiát tud nyerni, mint fűből vagy szénából. Erre kiválóak a szemestakarmányok, amelyek közül a legelőnyösebb a lovak számára a zab. Ezt követi a kukorica, de az árpa és a búza is felkerül esetenként az étlapra.

A szemestakarmányoknak elég magas a szénhidráttartalma, ám a fűfélékkel ellentétben bennük nem cellulóz, hanem keményítő található meg a legnagyobb mennyiségben.



A keményítő növényi tartaléktápanyag. Ugyanúgy poliszacharid, mint a cellulóz, csak kisebb és más alegységek alkotják. Ha két  $\alpha$ -D-glükóz összekapcsolódik, akkor egy maltóz nevű diszacharid keletkezik, amely tört alakú.



### Maltóz

Ha a több száz maltózmolekula összekapcsolódik, akkor spirális szerkezet alakul ki, melyet 1-4-glikozidkötések stabilizálnak, ez lesz az amilóz. Az amilózt pedig egy szintén maltózokból álló, elágazó szerkezetű amilopektin-hártya borítja, melyeket 1-4- és 1-6-glikozidkötések tartanak össze. A két anyag együttesen szemcsés szerkezetet hoz létre, ez pedig nem más, mint a keményítő szerkezete.



### KÍSÉRLET

Az alábbi kísérletben kémiailag is igazoltuk, hogy a zabban valóban megtalálható a keményítő. Egy Petri-csészébe olyan zabszemeket helyeztünk, amelyekről eltávolítottuk a pelyvét. Ezután vörösbarna színű Betadine-t csepegtettünk a magokra, és semmilyen változást nem tapasztaltunk. Ezen a ponton szívinfarktust kaptunk, és arra a következtetésre jutottunk, hogy nagy baj van, mert a zabban lévő keményítőnek lövése sincs a kémiáról. Aztán elkezdtünk gondolkodni, és hoztunk a spájzból zabpelyhet. Amikor ezzel is elvégeztük a kísérletet, sötétkék, már-már feketebe hajló színváltozást tapasztaltunk.



A jelenség magyarázata nem az, hogy a zabban természetes körülmények között nincs keményítő, hanem azt csak a gyárban adják hozzá adalékként a zabpelyhelyhez. Valójában az első esetben az történt, hogy a zabszemekeken a pelyva eltávolítása után is maradt egy átlátszó maghártya, amely nem tartalmaz keményítőt, és nem is engedi át a Betadine-t. Nem csoda hát, hogy negatív próbát kaptunk, de

hibás következtetés lenne, hogy a zabszemekben nincs keményítő, hiszen szegény Betadine-nak esélye sem volt találkozni a magok keményítőtartalmú állományával, tehát nem is tudott pozitív próbát adni.

A zabpelyheken azonban a préselés során vagy megsérült ez a maghártya, vagy eltávolították a feldolgozás előtt, így a Betadine olyan résszel is tudott érintkezni, amelyekkel az ép szemek esetén nem.

A Betadine jódtartalmú vizes oldat. Azért vörösbarna, mert az egyébként szürke színű jód elektronfelhője torzul, ha oxigéntartalmú folyadékban oldódik, és ez a megfigyelt vöröses színben nyilvánul meg. Ha azonban az oldatban lötyögő jódmolekula meglátja a keményítő amilózhélixét, akkor felcsillan a szeme, hogy milyen ízlésesen berendezett, tökéletes méretű lakást talált, és azonnal be is költözik. A jódmolekula ugyanis pontosan akkora, hogy beleférjen a hélixbe, ám az amilózbba kerülve megváltozik a gerjeszthetősége, ami sötétkék színváltozást okoz.

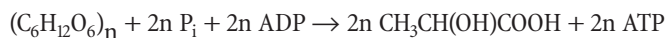
A lovak szervezetében a keményítóből egyes esetekben propionát képződik, de inkább maltóz, majd nyílt láncú vagy valamely gyűrűs glükóz képződése a meghatározóbb. A ló mindegyik végtérmekből képes energiát szintetizálni, de amíg a propionátból lassabban, többlépcsős folyamatban, addig a glükózból szinte azonnal.

A keményítő bontását az amiláz enzim végzi, amely két helyen termelődik: a nyálmirigyekben és a hasnyálban. A nyálmirigyek a váladékukat a szájüregbe ürítik, így itt már megkezdődik a keményítő emésztése, de a rövid kontaktidő miatt ez kevésbé hatékony. A középbélben a hasnyál-amiláz hatására már nagyobb határfokkal bomlik a keményítő, de még mindig nem az igazi a helyzet, ugyanis a lovak hasnyálmirigyének amiláztermelése katasztrofális, csak minimális mennyiségű enzimet termel.

Éppen ezért kell nagyon vigyázni a magas keményítőtartalmú szemestakarmányok etetésével, mert bár könnyű kis adagjuktól is energiát szintetizálni, ha sokat kap belőle a ló, akkor nagyon valószínű, hogy nem tudja a teljes keményítőtartalmat megemésztetni. Ha pedig a keményítőtartalom emésztetlenül kerül a vastagbélbe, ott a ló egészségére nézve nagyon káros folyamatok zajlanak le.

A vastagbél gyakorlatilag olyan, mint egy metropolisz, amelyet nem emberek, hanem mikroorganizmusok laknak. A metropolisz egyik meghatározó társadalmi csoportját a tejsavtermelő baktériumok alkotják, akik élnek-halnak egy kis emésztetlen keményítőért, amelyet hamarosan meg is kapnak.

Tegyük fel, hogy a pályázatban már emlegetett fiktív Pista bácsi a távollétében Aranka néni bízta Parázst. Aranka néni pedig legalább annyira bolondul a lovakért, mint a tejsavtermelő baktériumok az emésztetlen keményítőért, ezért megkínálja Parázst egy hatalmas vödör kukoricával. Parázs úgy gondolja, hogy megérdemli, hiszen már tizenöt éve húzza Pista bácsi szekerét, de ő mégsem adott neki soha egy fándlinál több kukoricát, pedig szegény Parázs is legalább annyira bolondul a kukoricáért, mint azok a bizonyos tejsavtermelő baktériumok az emésztetlen keményítőért. Szóval Parázs boldogan felhabzsolja azt az egy vödör kukoricát, vele együtt pedig sok-sok keményítőt is. A szájüregbe ürülő amiláz enzimeknek esélyük sincs ezzel a mennyiséggel szemben, a hasnyálmirigy pedig olyanokat gondol, amelyeket inkább nem írnék ide, de ha valaki mégis kíváncsi lenne rá, szeretettel ajánlom figyelmébe a Facebook kommentszekcióját. A lényeg, hogy a hasnyálmirigy emésztőnedve is alulmarad a bevitt keményítőtartalommal szemben, aminek a nagy része így emésztetlenül kerül a vastagbélbe, a tejsavtermelő baktériumok legnagyobb örömére. Ezek a mikroorganizmusok pedig a keményítóből szervesen foszfát és ADP jelenlétében a vastagbél oxigénmentes környezetében nekiállnak energiát (ATP) szintetizálni az alábbi egyenlet szerint:

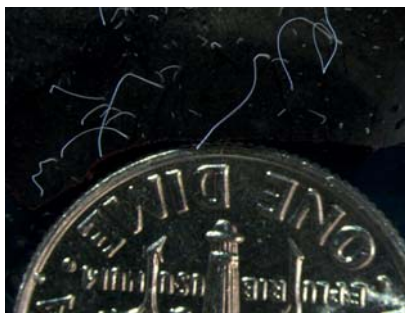


Az ATP-képződés anaerob körülmények között nem túl hatékony, ráadásul melléktermékként tejsav keletkezik, amely lecsökkenti a vastagbél pH-ját. Ezt a tejsavtermelő baktériumok egészen jól tolerálják, a bélmetropolisz többi lakója azonban nem igazán, és fel is mondják a szolgálatot, amely Aranka néni számára csak akkor lesz világos, mikor Parázs másnap reggel... fogalmazzunk úgy, hogy rendbe rakja az istállót néhány liter víz-szerű lótrágyával. Ezenfelül a vastagbélben felhalmozódó tejsavtól még patairhagyulladást is kap, ugyanis bármily hihetetlen, de az utóból pH-ja sajnos nagymértékben képes befolyásolni a paták állapotát, úgyhogy csak óvatosan azzal a kukoricával!



TÚL A KÉMIÁN

## A karibi megabaktérium

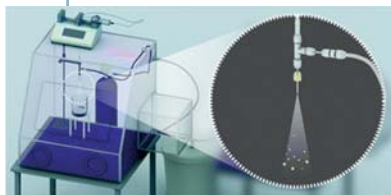


A karib-tengeri Guadeloupe szigetén váratlan új fajt fedezett fel egy francia biológus: olyan mikroorganizmust, amely szemmel is jól látható nagyságúra nőtt. A tudós eleinte természetesen nem akart hinni a szemének és a műszereinek, de az elektronmikroszkópiával és fluoreszcenciás

képzéssel is megerősített eredmények azt igazolták, hogy a közel egy centiméter hosszúságúra is megnövő élőlény nem gomba, hanem prokarióta, egy hatalmas baktérium, amely a *Thiomargarita magnifica* rendszertani nevet kapta. A faj fő életterülete a mangrovemocsarak víz alatt lévő része, nevében a 'thio' arra utal, hogy élettani folyamataihoz kénvegyületek oxidálása révén nyeri az energiát. A felfedezés egyik legérdekesebb sajátossága, hogy a biológus nem is ilyesmit kerestek a munkája során: csupán a véletlen és persze az egészséges kíváncsiság vezetett erre az eredményre. Ebből könnyen levonható az a tanulság, hogy ennél akár még nagyobb prokarióta egyséjtűek is létezhetnek viszonylag könnyen tanulmányozható élőhelyeken: talán csak keresni kellene őket.

*Science* 376, 1453. (2022).

## Modern viták a hidrogén-peroxidról



2019-ben jelent meg az első közlemény arról, hogy vízből előállított mikrocseppekben spontán módon hidrogén-peroxid keletkezhet. A kísérletek független laborban történő megismétlése alatt viszont azt tapasztalták, hogy az egyébként viszonylag kis mennyiségű  $H_2O_2$  csak akkor mutatható ki, ha a környező levegő ózonszennyezést tartalmaz, így valószínűleg nem is vízből, hanem ózomból keletkezik, ami sokkal jobban összeillik a klasszikus termodinamikában felhalmozott ismeretekkel. A hatást felfedező kutatócsoport nemrég ultratiszta nitrogénben is megismételte az eredeti kísérleteket, és valóban azt tapasztalták, hogy a korábbi kísérletekben mért  $30 \mu M$  koncentráció helyett mindössze  $1,5 \mu M$  hidrogén-peroxid keletkezett. Más szakemberek arra mutattak rá, hogy ez a mennyiség úgy is képződhet, hogy a természetes vizekben az ultrabolya sugárzás miatt tipikusan nM-os koncentrációkban előforduló  $H_2O_2$  jelentősen koncentrálódik a porlasztás során, így valószínűleg nem is keletkezik a folyamatban.

*Chem. Sci.* 13, 2574. (2022)

*J. Am. Chem. Soc.* 144, 7606. (2022)

Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt

Lente Gábor rovatszerkesztőnek: [lenteg1206@gmail.com](mailto:lenteg1206@gmail.com).

A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: [http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index\\_magyar.html](http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html)

## CENTENÁRIUM



J. N. Brønsted and Kai Pedersen: Über die Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes für Ionungleichgewichte *Zeitschrift für Physikalische Chemie* Vol. 103U, pp. 307–315. (1922. november 1.)

Johannes Nicolaus Brønsted (1879–1947) dán fizikai kémikus volt, aki a brit Martin Lowrytól függetlenül fejlesztette ki a sav-bázis-tulajdonságoknak azt a leírását, amelyet ma Brønsted–Lowry-elméletként ismerünk. Brønsted első diplomáját vegyész-mérnöki tudományokból, doktori fokozatát kémiából szerezte Koppenhágában, ahol a fizikai és szerves kémia professzora lett. Nobel-díjat nem kapott, noha többször jelölték rá. A náci ideológia ismert ellenzője volt, s részben ennek is köszönhetően 1947-ben parlamenti képviselőnek választották, de a halál megakadályozta abban, hogy átvegye a mandátumát.

## Alkimista higanykészítés

A higany ősidők óta ismert elem, filozófusokra és alkímistákra is gyakran inspiráló hatással volt szokatlan külső megjelenése. A Bolognai Egyetem néhány olasz kémikusa négy különböző, ókori módszert is kipróbált arra, hogy cinnabaritból ( $HgS$ ) elemi higanyt állítson elő. A legkorábbi leírás Theophrasztosztól, az athéni peripatetikus iskola Arisztotelészt követő vezetőjétől származik az i. e. 4. századból, ennél jó háromszáz évvel későbbi a római mérnök, Vitruvius receptje. Az i. sz. 1. században keletkezett egy, eredetileg tévesen Démokritosznak tulajdonított eljárás, végül kipróbálták az első tudományos ismeretterjesztő író, idősebb Plinius módszerét is, amelyet a leideni papirusz is ismertet. A tudománytörténeti kísérletsorozat elsődleges célja az volt, hogy a kísérletek szakszerű újbóli elvégzésével jobban megértsék a régi szövegek nyelvezetét. Ugyanakkor arra is fény derült, hogy a leírásokban fontos részletek rejtve maradtak: például egy esetben a melegítéshez használt vasedény egyben a redukálószer forrása is volt.

*Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 119, e2123171119. (2022)



## APRÓSÁG

Röntgenvizsgálatok szerint a Lavoisier-t és feleségét ábrázoló híres festményt elkészülte után egy alkalommal jelentősen átfestették, hogy leplezzék a házaspár gazdaságára utaló környezetet.

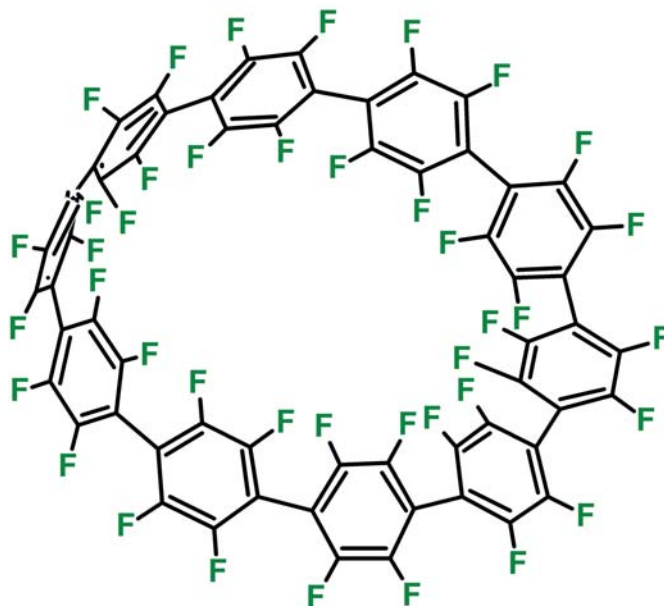




## A HÓNAP MOLEKULÁJA

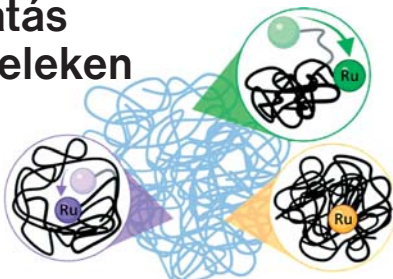
Az ábrán látható, 10 aromás gyűrűt tartalmazó perfluorozott cikloparafenilén-származék ( $C_{60}F_{40}$ ) előállítása japán kutatók eredménye. Egyszerű, nikkeltartalmú katalizátort felhasználó reakcióval sikerült előállítani a nagyobb gyűrűtagszámú analógokkal együtt. A közepén lévő résben vendégmolekulákat tud megkötöni, illetve szerves LED-ek alkotóelemének is alkalmas lehet.

*Nat. Commun.* 13, 3713 (2022).



## Katalizátorhatás pillanatfelvételeken

Az egyedi fehérjemolekulák helyének meghatározása fluoreszcens mikroszkópia segítségével már több évtizede lehetséges. A közelmúlt-



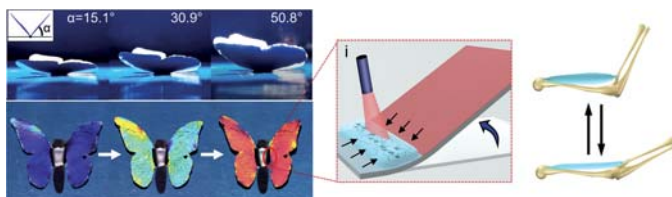
ban egy kaliforniai kutatócsoport ezt az elvet terjesztette ki kis molekulákból álló katalizátorokra. Az alapvető probléma ilyen esetekben az, hogy az ekkora részecskék a mikroszkóp térbeli és időbeli felbontásához képest túl gyorsan mozognak, ezért eltűnnek a képről, illetve az is gondot okoz, hogy a katalizátorba nem lehet fluorofort építeni úgy, hogy az aktivitás közben megmaradjon. Egy ruténiumtartalmú polimerizációs katalizátor esetében úgy oldották meg a problémákat, hogy röviddel a folyamat elindulása után erős fluoreszcenciájú csoportot tartalmazó monomer kis mennyiségét adták az elegyhez. Mivel a láncnövekedésnél a ruténiumkomplex folyamatosan kötődik a növekvő polimerhez, amely viszonylag lassan mozog, a mikroszkópos képen láthatóvá vált a helye. A láncba be nem épült fluorofor monomerek sokkal gyorsabbak, így nem zavarják a képalkotást. A módszer segítségével az derült ki, hogy az addig viszonylag homogénnek hit folyamatban a katalizátor valójában rengeteg különböző környezetben fordul elő.

*J. Am. Chem. Soc.* 144, 10591. (2022)

## Színváltó vegylepke

A kis színjátszólepke (*Apatura ilia*) színe repülés közben barnáról ragyogó kékévé változik, mert a szárny felületén lévő mikroszkopikus szerkezetek megváltoznak, így máshogy verik vissza a fényt. Ez a jelenség ihlette kínai tudósok munkáját, akik egy hőmérséklettel szabályozható hidrogél segítségével színváltó robotot készítettek. Hogy hűek maradjanak az ihlethez, a robotot lepke alakúra formálták, amely szárnyát verdesve színt vált. A mozgás létrejöttének alapja, hogy a hidrogél az izomhoz hasonlóan összehúzódik vagy elernyed megfelelő infravörös megvilágítás hatására. A felszínre felvitt fotonikus kristályrétegre így más és más szögben esik a fény, ezért jönnek létre az érdekes optikai hatások.

*Cell Rep. Phys. Sci.* 3, 100915. (2022)



## Kőolaj-finomítás membránnal

Ahogy azt minden kémikus tanulja, a kőolaj-finomítás a vegyiparban jelenleg igen energiaigényes desztillációs módszerrel történik. Az sem titok, hogy több, korábban desztilláción alapuló eljárásnál (például a tengervíz sómentesítésénél) sikeres költségcsökkentési stratégia volt, hogy az elválasztáshoz membránokat használnak. Ezzel a kőolaj-finomításnál még nem próbálkoztak túl sokat, mert a szokásosan használt membránok nem kellően ellenállóak kémiai szempontból. Ezen a helyzeten változtathat az a fluorozott oldalláncokat is tartalmazó, politriazol-alapú membrán, amely még 100 °C-on, erélyes oxidálószeres és szerves oldószeres jelenlétében is használhatóan tűnik. A térhálós szerkezetben a pórusméretek könnyen szabályozhatók az előállítás körülményeivel, így egy elválasztási folyamatban nagyon változatos szerepet játszhat az anyag. Példaként megmutatták, hogy egy ilyen membrán a nyers kőolaj komponenseiből a benzin szokásos komponenseinek 80–95%-át engedi át.

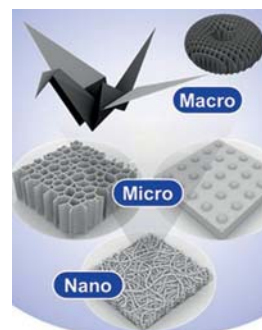
*Science* 376, 1105. (2022)



## Papír félvezető

Háromdimenziós szerkezetek készítése félvezetőkből általában nem könnyű feladat, jelenleg többnyire 3D nyomtatást használnak erre a célra. Egy japán kutatócsoport új felfedezése és az origami jelentősen változhat ezen az állapoton: sikerült kidolgozni egy cellulózalapú eljárást, amely révén szobahőmérsékleten hajtogatással is formálható, papírszerű anyag keletkezik. Az így elkészített tárgyat nagyon lassan, jódgőzben hevítve félvezetővé alakul, amelynek elektromos sajátosságait széles tartományban szabályozni lehet a melegítés végső hőmérsékletével. A módszer hasznát úgy mutatták be, hogy segítségével egy szőlőcukorral működő galvánelem kulcsfontosságú elektródját készítették el.

*ACS Nano* 16, 8630. (2022)





## Ehunyt Braun Tibor egyetemi tanár



FOTÓ: SCHUBERT ANDRÁS

2022. szeptember 27-én, életének kilencvenegyedik évében meghalt Braun Tibor vegyész, az ELTE c. egyetemi tanára, a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárának volt főigazgató-helyettese.

Braun Tibor magyar állampolgárként Lugoson született 1932-ben. Vegyész diplomát 1954-ben a Victor Babeş Tudományegyetemen szerzett. Kutatói munkáját Marosvásárhelyen kezdte, majd a bukaresti Atomkutató Intézetben helyezkedett el. 1963-ban költözött

Magyarországra, tudományos pályáját az ELTE adjunktusaként folytatta. 1980-ban szerezte meg a tudományok doktora fokozatot, majd az Eötvös Loránd Tudományegyetemen címzetes egyetemi tanárnak nevezték ki. 2006-ban a Kolozsvári Román Műszaki Egyetem és az aradi Vasile Goldiș Tudományegyetem tiszteletbeli doktorává (honoris causa) avatta. Munkásságát számos díjjal és nemzetközi elismeréssel, így Derek de Solla Price-szal és Hevesy-díjjal ismerték el.

Braun Tibor nemzetközi hírű kutató, két jelentős nemzetközi kémiai tudományos folyóirat – a *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* és a *Fullerene Science and Technology* – főszerkesztője, több száz tanulmány és szakkönyv szerzője. A tudományos teljesítmény mérésének, az idézettség és bibliometria kutatási területének nemzetközileg elismert kidolgozója, a szakterület vezető folyóiratának, a *Scientometrics*nek alapító főszerkesztője. Élete végén jelentős tudományos ismeretterjesztő tevékenységet folytatott. Számos, a kémiát és a tudományt népszerűsítő kötetet publikált, utolsó könyve 2021-ben, kilencvenéves korában jelent meg.

**Braun család**

## Gondolatok Braun Tiborról

Braun Tibort az 1980-as évektől ismerem, az egyetemen találkoztunk. Az ELTE TTK Analitikai és Szervetlen Kémiai Tanszéke, valamint a Szerves Kémiai Tanszék a Trefort kert B épületében, a földszinten, illetve az első emeleten működött, egymás közelségében, így többször találkoztunk.

Ismertem és fontosnak tartottam a tudományometriával, annak eszköztárának fejlesztésével kapcsolatos törekvéseit, eredményeit, úttörő munkásságát a szcientometriához kötődő tevékenységét az elsők között ismerték el az 1984-ben alapított Derek John de Solla Price emlékéremmel (1986).

Később, az ELTE rektoraként alkalmam volt köszönteni, amikor 2006-ban átvette a Kolozsvári Műegyetem díszdoktori oklevelét a radioanalitikai és magkémiai kutatásokban elért eredményei elismeréseként.

Munkakapcsolatunk a 2010-es években alakult ki, amikor megválasztottak a Kémiai Tudományok Osztályának képviselőjévé az MTA Könyv- és Folyóirat-kiadó Bizottságba (KFB, (2013–2020), <https://mta.hu/vii-osztaly/bizottsagi-beszamolok-106573>). A pályázati rendszer keretében működő MTA-támogatás lehetőséget adott arra, hogy Tibor több remek kötete megjelenhessen

(pl. A Nobel-díjra érdemes taxisofőr: Interdiszciplináris kémiai kaleidoszkóp, 2015, Vándorbottal a tudományos kutatásban: Interdiszciplináris villáminterjúk kiemelkedő hazai természettudósokkal, 2018; A szerelem molekulái: Multidiszciplináris kémiai egyveleg, 2021). A kötetek főként azokat az írásokat gyűjtik össze, amelyek a mindennapok jelenségeit szerkezeti, természettudományi alapokon mutatják be, értelmezik. Megismerheti az olvasó a területen eredménnyel működő kutatókat. A cikkek, fejezetek, akárcsak az általuk leírt, bemutatott jelenségek multidiszciplináris jellege megköveteli a szakszerű, de ugyanakkor közérthető, igényes megfogalmazást.

Braun professzor életműve harmonikusan foglalja magába a kutatóként nemzetközileg elismert kémiai analitikusi eredményeit, a szcientometria alapvetését és dokumentálja azt a képességet és megvalósított célkitűzést, amely lehetővé teszi a komplex természettudományi jelenségek szakszerű értelmezését, bemutatását a szakemberek, a laikusok és mindannyiunk számára.

**Hudecz Ferenc, ELTE**

### IRODALOM

Schubert A., Glänzel W., Braun T. (1983): *Tudományometriai mutatószámok 32 ország természettudományos alapkutatásának összehasonlító elemzéséhez, 1976–1980.* MTAK–ITKE, Budapest. Angolul: Schubert A., Glänzel W., Braun T.: *Scientometric Indicators. A 32 Country Comparison of Publication Productivity and Citation Impact.* World Scientific Publishing Co., Ltd., Singapore, 1985.

Schubert András: *A tudománymetria kezdetei Magyarországon.* Könyv és Nevelés, Könyvtár, olvasáspedagógia, tankönyv-tanesszköz, hírek-kitekintés, 2014.

\*\*\*

Braun Tibor professzor urat akkor ismertem meg, amikor jó 25 évvel ezelőtt megkereste az általa ígéretesnek tartott 40 év körüli fiatal kémikusokat és – csattanós kérdéseket feltéve – interjút készített velük, illetve bemutatta őket. Az illusztris társaságból Fülöp Ferenc és Hudecz Ferenc professzorokra emlékszem.

Később többször jártam nála az MTA Könyvtárában és érdekes témákról, a fullerénekről, a tudományometriáról értekezünk. Mindig elhalmozott a különlenyomataival.

Aztán a golyósmalomban megvalósítható szilárd fázisú szintézisek – mint közös érdeklődési terület – kötött össze bennünket. Időnként megkeresett a kéziratával, és a véleményemet kérte. Többször beszélünk telefonon is. Korát meghazudtoló szellemi frissességével ontotta népszerűsítő cikkeket, melyeket könyvekben is összegyűjtött. Három könyvéhez is írhattam recenziót, és könyvbemutatóján is laudálhattam. Ezeknek már a címei is önmagukért beszélnek, hiszen mutatják Tanár úr tehetségét arra, hogy kemefőbb társadalmunkat megszeli. Tudomásomra jutott, hogy kémiai ismeretekkel nem rendelkező olvasói is voltak. Utolsó levelét ez év április 6-án küldte, amelyben tájékoztatott „Elena Ceausescu, az áltudós kémikus, a tudományos elismerésre vágyó diktátor” című írásáról. Braun professzor nagyon sokat tett a kémia népszerűsítéséért, nem egy esetben sorolták cikkeiket az MKL olvasói a legjobbak közé. Hiányozni fog mindig vidám és sugárzó egyénisége.

**Keglevich György, BME**

\*\*\*

Braun Tibor nevét a fullerénkémia hőskorában ismertem meg. Akkor hallottam életének addigi történetéről, Magyarországra való átköltözéséről és tudományos munkásságáról. Minthogy számomra a fullerének csak kémiai érdekességnek számítottak, nem kerültünk közvetlen kapcsolatba. Erre csak később, a Magyar Kémikusok Egyesületében került sor, amikor a Magyar Kémikusok Lapjának felelős szerkesztője lettem, és Braun Tiborral mint a tudományos ismeretterjesztés elkötelezett hívével találkoztam



előbb írásain keresztül, majd személyesen is. Tibor igen jól választotta meg írásainak témáját, és közérthetően, olvasmányosan, érdekesítő stílusban fejtette ki mondanivalóját. Írásai nagyon népszerűek voltak: fiatal olvasóink tömegeihez kerültek közelebb a természettudományok, lett vonzóbb számukra a kémia. Ezt mutatja, hogy amióta megszavaztatjuk olvasóinkat, Tibor cikkei négy alkalommal kerültek be az év legolvasottabb cikkei közé. Mint szerző és szerkesztő hosszú személyes és telefonbeszélgetéseket folytattunk cikkei kapcsán. Nem volt könnyű vitapartner. Makacsul ragaszkodott a véleményéhez, védte az igazát. Végül így vagy úgy egyezsége jutottunk, és mindig megegyezéssel zárult beszélgetésünk, amit mutat az is, hogy érkeztek újabb cikkei.

Ennek folyamata most megszakad. A természetet közbeszólt. Nem tudjuk megítélni, Braun Tibornak mennyiben sikerült elérnie célját, hogy a kémia megroppant imázsát a társadalomban javítsa, de népszerűsítő íásaival, bizton mondhatom, sok hívet szerzett a kémiának, a természettudományoknak, és cikkeinek gondolatai megmaradnak, emberi lényére emlékezni fogunk. Tibor Bátyám, nyugodj békében!

Kiss Tamás, SZTE

## In memoriam

### Perlné Dr. Molnár Ibolya professor emerita (1930–2022)

2022. szeptember 2-án türelemmel viselt, hosszú betegség után elhunyt Perlné Dr. Molnár Ibolya, az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) professor emeritája.



Gyógyszerészként diplomázott 1953-ban, majd az ELTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén helyezkedett el, és közel 70 évig folyamatosan itt is dolgozott. Pályája során mind a klasszikus, mind a műszeres kromatográfiai analitikai eljárások folyamatos fejlesztésében vett részt, munkabírása és fiatalabb kollégáit, tanítványait is meghazudtoló lendülete mindvégig legendás volt. Széles körű anyagismerete szerencsésen párosult a legújabb elválasztástechnikai és tömegspektrometriás módszerek felhasználásával, mind hazai, mind nemzetközi együttműködések keretein belül. Alapkutatási feladatok mellett gyakorlatorientált analitikai meghatározásokat és módszerfejlesztéseket is szívesen vállalt, több gyógyszergyárral alakított ki szoros együttműködést (Richter, Teva).

1978-ban megírta „A bauxit szerves anyagainak és a Bayer-folyamatból származó termékek elemzése” című nagydoktori értekezését „know-how”-ként vásárolta meg többek között a Kaiser Chemical and Aluminium Corporation. A módszer részleteit több nemzetközi előadáson és tanfolyamon ismertette az 1990-es évek elején (Pleasanton, USA és Nagpur, India). Ebben az időszakban legfőbb kutatási témája a szerves vegyületek kromatográfiai analízise lett. Számos új, releváns módszert dolgozott ki a természetes mátrixokban (élelmiszermintákban, gyógynövényekben, táplálékkiegészítőben) jelen lévő különféle szerves vegyületek elemzésére, elsősorban a karbonsavak, cukrok, cukoralkoholok, flavonoidok, aminosavak és biogén aminok származékképzés utáni meghatározására, gázkromatográfiával és folyadékkromatográfiával kapcsolt tömegspektrometriás módszerek segítségével. Ennek

is köszönhette azt az amerikai ösztöndíjat (1988–1989), mely során Dr. Mendel Friedmannal dolgozott együtt a Maillard-típusú reakciók tanulmányozásában. Pályafutása utolsó szakaszában a környezeti analitikai kémia területén végzett kutatásaival a természetes vizekben és lebegő anyagokban előforduló szerves mikro-szennyezők (gyógyszer- és kábítószermaradványok, természetes és szintetikus szteroidok, növényvédő szerek és klórfenolok) meghatározására fejlesztett ki származékképzéssel egybekötött gázkromatográfiai-tömegspektrometriás módszereket.

Kutatási munkájából több mint 160 publikációja jelent meg nemzetközileg kvalifikált folyóiratokban. A cikkeire kapott összes független hivatkozás száma: 4262. Az Elsevier szerkesztői bizottság tagja volt, valamint 8 angol nyelvű könyvfejezet, 3 szabadalom és rengeteg konferenciakiadvány fűződik a nevéhez. Kutatási területének egyik legfontosabb konferenciájának, a „PITCON”-nak, szekciószerző elnöke és folyamatosan meghívott előadója volt sok éven keresztül.

Oktatási tevékenysége során nagyszámú, különböző tematikájú gyakorlatot és előadást tartott a legkülönbözőbb szakos ELTE és Semmelweis egyetemi hallgatóknak. 18 PhD-munka született a témavezetésével. Legutóbbi PhD-hallgatója 2020 májusában védte meg disszertációját, amelyben meg aktívan részt vett.

Munkásságát számos díjjal jutalmazták, többek között 2005-ben a Magyar Köztársasági Arany Érdemkeresztrel és 2021-ben a Magyar Érdemrend tisztikeresztje polgári tagozata kitüntetésével.

Perlné Dr. Molnár Ibolya korát meghazudtoló kutatási és oktatási aktivitása és precizitása, hihetetlen fáradhatatlansága és munkabírása nagyban hozzájárult a magyar elválasztástechnikai módszerek fejlődéséhez és a színvonalas magyar kromatográfiai szakemberképzéshez.

Emlékét tisztelettel és szeretettel megőrizzük!

Vasanits Anikó

ELTE Analitikai Kémiai Tanszék

## Young Chemical Influencer 2022 – verseny



A versenyt az Európai Vegyipari Munkaadók Szövetsége hirdette meg kémiai tanulmányokat folytató egyetemi hallgatók számára (BSc, MSc, PhD). A pályázók olyan, maximum 1 perc hosszúságú Instagram/TikTok-videóval nevezhetnek, amelyben népszerűsítik a kémia tudományát és az iparágat.

További információk <https://www.eceg.org/year-of-youth>.



Richter Gedeon születésének 150. évfordulóján a Kőbányán működő gyógyszergyár mellett utcát neveztek el róla, és emlékművet is emeltek.



# Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott, aktuális kiemelt a publikációk az omikron kötődési módjának analizésével és az aromás rendszerek közötti konjugációval foglalkoznak.

## Az omikron kötődési mód: az ACE2 és omikron receptorkötő domén komplexének kontaktus- és dinamikai analizése

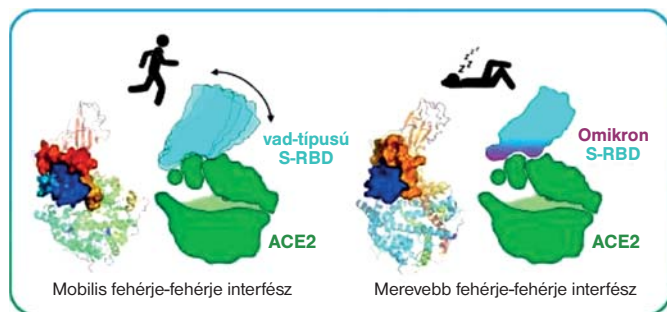
*Journal of Chemical Information and Modelling, 2022, 62*

Zsolt Fazekas<sup>1</sup>, Dóra K. Menyhárd<sup>1,2</sup>, András Perczel<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Structural Chemistry and Biology, Institute of Chemistry, ELTE Eötvös Loránd University

<sup>2</sup>MTA-ELTE Protein Modeling Research Group, Eötvös Loránd Research Network (ELKH), ELTE Eötvös Loránd University

A publikációban az ACE2 fehérje és a SARS-CoV-2 egyik kulcsfehérjéjének komplexét vizsgálták számítógépes szimulációkkal. A vad típusú komplexhez képest jelentős eltéréseket találtak mind a két fehérje érintkezési felületén, mind a mozgásukban. Ez a tanulmány elősegítheti a vírus működésének pontosabb megértését, illetve antivirális szerek, például vírusellenes antitestek fejlesztését



## Konjugáció 3D és 2D aromás rendszerek közt: valóban létezik?

### A karborán-kapcsolt heterociklusok esete

*Chemical Science, 2022*

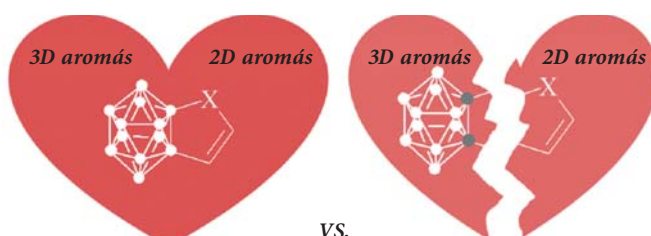
Dániel Buzsáki<sup>1,2</sup>, Máté Barnabás Kovács<sup>2</sup>, Evelyn Hümpfner<sup>2</sup>, Zsófia Harcsa-Pintér<sup>2</sup>, Zsolt Kelemen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MTA-BME Computation Driven Chemistry Group, Műegyetem rkp 3., Budapest

<sup>2</sup>Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp 3., Budapest

Az aromasság, amelyet az elektronok nagymértékű, kiterjedt delokalizációja okoz, meghatározó jelenség a kémiában. Számos

Perczel András osztályelnök, az MTA rendes tagja



Létezik konjugáció köztük?

közlemény jelent meg az ún. 2 és 3 dimenziós aromás rendszerek kölcsönhatásairól. Munkánk során megmutattuk, hogy valóban nem lép fel konjugáció a két rendszer közt, ami ugyanakkor lehetőséget teremt akár új katalizátorok (például hidrogéntárolás) tervezéséhez is.

## TUDOMÁNY

### Jubileumi vegyészmérnöki konferencia Veszprémben: 50. Műszaki Kémiai Napok

A Pannon Egyetem Mérnöki Kara 2022. április végén rendezte meg jubileumi tudományos konferenciáját a Pannon Egyetemen, Veszprémben. Az idén új helyszínen, a felújított E épületben talált otthonra a rendezvény, ahol közel 100 résztvevő több mint 80 prezentációban (előadások, poszterek) mutatta be tudományos eredményeit.

A konferencia nyitórendezvényét Németh Sándor, a Mérnöki Kar dékánja vezette le, s Gelencsér András akadémikus, a Pannon Egyetem rektora, majd Kovács Áron Zoltán önkormányzati képviselő köszöntötte a résztvevőket. A megnyitó végén a dékán virágcsokorral köszöntötte meg a szervezők (Bélafiné Bakó Katalin és Klein Mónika) munkáját.

Németh Sándor egyetemi docens a pulpitusnál

(forrás: Nagy Lajos/Napló)





## OKTATÁS

## Nemzetközi Kémiai Torna – hazai pályán

A hivatalos megnyitót követően Blaskó Gábor akadémikus tartotta az első plenáris előadást „Az originális és a generikus gyógyszerfejlesztések összehasonlítása szintetikus molekulák, ill. biotechnológiai termékek esetén” címmel, majd a másodikban Bakonyi Péter (Pannon Egyetem) mesélt kutatási eredményeiről („A hidrogéntől a bioelektrokémiai rendszerekig: lehetőségek és kihívások”).

A keddi nap délutánján szekcióülésekkel folytatódott a konferencia. A Bionanotechnológia szekcióban először Guttman András tartott egy keynote-előadást „The fundamental aspects of capillary sodium dodesyl sulfate electrophoresis” címmel, majd szekció-előadások következtek. Ezzel párhuzamosan került sor az MTA Műszaki Kémiai Tudományos Bizottság és a MTA Folyamatmérnöki Bizottság összevont ülésére, Gubicza László elnökletével. A keynote-előadást Bhavik R. Bakshi, a Chemical and Biomolecular Engineering, Sustainable Engineering Research Group professzora (Ohio State University) tartotta („Reinventing the Chemicals and Materials Industry for a Net-Zero, Nature-Positive World”). Az ülés után a Pannon Egyetem Folyamatmérnöki Intézeti Tanszékének 45 éves fennállására szervezett ünnepi értekezlete, illetve az MTA PE LENDÜLET Komplex rendszerek megfigyelése a negyedik ipari forradalomban kutatócsoport (2017–2022) szekciója következett.

Este a szokásos, kötetlen hangulatú fogadáson lehetett feleleveníteni a régi ismeretségeket és újakat kötni. A hosszú online időszak után üdítő volt újra személyesen megbeszélgetéseket folytatni, nemcsak szigorúan vett szakmai témákról...

Szerdán délelőtt először Bóna Áron (PE, Nagykanizsa), Visnyei Merve és Szakács Szabolcs (PE, Veszprém), valamint Jákói Zoltán (Szegedi Tudományegyetem) előadását hallgattuk meg a Mémbrán szekcióban, Hodúr Cecília elnökletével, majd az MKE Mémbrántechnikai Szakosztály ülésének keretében Komáromy Péter (PE, Veszprém) PhD-házivédésén vehettünk részt. A délután során a Környezetmérnöki és Művelési szekció, valamint az Analitika szekció előadásaira került sor.

Az 50. jubileumhoz kötődően a VEAB pincéjében szervezett a PE Mérnöki Kar *Régi idők tanúi 50/100* címmel visszaemlékező ülést Szépvölgyi János vezetésével, amelynek az 50-es évfordulóhoz egy 100 éves születésnap megünneplése is kapcsolódott: Polinszky Károlyé, a veszprémi egyetem megalapítójáé. Erre az alkalomra fiai emlékkönyvet állítottak össze, amelyet szintén bemutatnak az ülésen. A rendezvényt szerény fogadás zárta, ahol a meghívottak fesztelen hangulatban folytathatták a nosztalgizást...

Csütörtökön délelőtt a napindító kávécseppek után a Biomérnöki műveletek szekcióval folytatódott a konferencia Németh Áron (BME) elnökletével, ahol a PE és a BME fiatal kutatói mutatkoztak be. Ezzel párhuzamosan a Környezetmérnöki és Művelési szekció második felvonásával folytatódott a rendezvény.

Csütörtökön az egyetem másik épületében (I épület, 7. emeleti tárgyaló) zajlott egy kísérőrendezvény is „Hulladékgazdálkodás a körforgásos gazdaságban” címmel, ahol az NKFIH 2019-1.3.1-KK-2019-00015 azonosító számú „Körforgásos gazdasági alapon nyugvó fenntarthatósági kompetencia-központ létrehozása a Pannon Egyetemen” elnevezésű pályázati projekthez kapcsolódóan hallhattak előadásokat az érdeklődők a meghívott vendég-előadóktól a megújuló energiák, hulladékgazdálkodás, víztechnológiák témakörében.

Összességében – a résztvevők nagy részének visszajelzései alapján – sikeresnek ítéltető a konferencia, mind létszámban, mind szakmaiságban megőrizte a korábbi rendezvények színvonalát.

**Bélafiné Bakó Katalin**

2022. augusztus 16. és 21. között ötödik alkalommal került sor a Nemzetközi Kémiai Tornára (International Chemistry Tournament, IChTo). Ez a vitaverseny minden évben különleges alkalom és élmény, ám az idei verseny több szempontból is kiemelkedő volt. Először is, három év után újra személyesen találkozhattak a csapatok (a világitárvány miatt 2020-ban elmaradt, 2021-ben pedig online formában folyt a verseny). Másodsor, a verseny idén először jutott el európai uniós országba. Harmadsor, ez épp Magyarország volt.

Hosszú hónapok kemény munkája készítette elő azt, hogy ezúttal Budapest adhatott otthont ennek a világversenynak. A szervezés hivatalos részét a Magyar Kémikusok Egyesülete fogta össze, az esemény főszervezője Forman Ferenc volt. A verseny alapító főszervezőivel már évekkorábban megkezdttük az előkészítést, és igyekeztünk minél több új országot megszólítani a korábbi résztvevők megtartása mellett. A feladatsor összeállítását és a szabályzat pontosítását nagyrészt korábbi versenyzőinkből álló szakmai munkacsoport végezte.

Mindeközben lezajlott a hazai válogatóverseny, ami meghatározta, hogy ki lesz a 12 magyar versenyző. A felkészülés legintenzívebb szakasza természetesen a tábor volt. A tavalyi pozitív tapasztalatok után visszavágytunk Tiszafüredre, ahol Kati néni végtelen vendégszeretete mellett kovácsolódott össze a két csapat. Bár a válogatón is tapasztaltuk, hogy jelentősen emelkedett a színvonal, megdöbbentő volt látni, hogy már július elején milyen részletesen kidolgozott megoldásokkal álltak elő a leggyorsabb diákok. Persze ebben a műfajban nincs kész megoldás, mindig van mit csiszolgatni egy prezentáción, és azért az opponálás és a review elsajátítása is sok gyakorlást igényel. Erre volt is lehetőségünk, az elmúlt évekhez hasonlóan idén is az ELKH Természettudományi Kutatóközpontjában töltöttük a nyári hétvégéket. Ezúton is köszönjük a felkészítői munkát Bogner Marcellnek, Buzafalvi Dénesnek, Csoma Balázsnak, Debreczeni Dorinának, Répási Gergelynek, Szappanos Attilának, valamint a felkészítést és a szakmai munkát vezető Botlik Bence főszervezőnek.

A verseny napjai mindhárom főszervezőnek a szokásosnál is intenzívebben teltek, hiszen egyszerre kellett helytállnunk szervezőként és résztvevőként is. Ahogy mindig, idén is voltak nehéz pillanatok, amelyeken át kellett lendülnünk, hogy aztán élvezhessük a felemelőbbeket. Utóbbira példa: amikor kiderült, hogy a történelemben először sikerült mindkét magyar csapatnak döntőbe jutnia. Az aranyéremről ugyan pár ponttal lecsúsztunk, de el kell ismerni, hogy a győztes szingapúri csapat megérdemelten nyerte az idei tornát. Így végül mindkét magyar csapat ezüstérmet nyert (*fényképüket lásd a címlapon*).

Az abszolút 2. helyen végzett, ezüstérmes **Hungarian Team Red** tagjai:

*Saracco Lucio* csapatkapitány, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest

*Ágoston Barbara*, Batthyány Lajos Gimnázium, Nagykanizsa

*Cserneczky Balázs*, Eötvös József Gimnázium, Budapest

*Járay-Vojcek Hanna*, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma, Pécs

*Sótonyi Adrienn*, BME által alapított Két Tanítási Nyelvű Gimnázium, Budapest

*Szabó Márton*, Péter András Gimnázium és Kollégium, Szeghalom

Csapatvezetőjük: *Buzafalvi Dénes*, University of Cambridge



Az abszolút 3. helyen végzett, ezüstérmes **Hungarian Team Green** tagjai:

*Temesvári-Nagy Levente* csapatkapitány, Toldy Ferenc Gimnázium, Budapest

*Hegedűs Márton*, Kecskeméti Református Gimnázium

*Lawson Richard Hanh*, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gyakorló Gimnázium

*Ódé Bence Levente*, BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest

*Skenderovic Szonja*, Eötvös József Gimnázium, Budapest

*Zsoldos Tamás*, Kazinczy Ferenc Gimnázium és Kollégium, Győr

Csapatvezetőjük: *Formanné Kiss Andrea*, Szent István Gimnázium, Budapest

Bár a Nemzetközi Kémiai Torna csapatverseny, a versenyzők egyéni teljesítményükért is értékelhetők. Az egyéni pontverseny egyetlen aranyérmét *Saracco Lucio* nyerte, ezüstérmes lett *Temesvári-Nagy Levente* és *Zsoldos Tamás*, egyéni bronzérmeket nyert *Csernecky Balázs*, *Ódé Bence* és *Ágoston Barbara*. A legjobb opponens különdíját is *Saracco Lucio* kapta meg, a legjobb reviewer pedig *Csernecky Balázs* volt a versenyen. Idén először kaphattak különdíjat az egyes feladatokat legjobban megoldó versenyzők: *Zsoldos Tamás* a legmegkapóbb 1. feladat (Feels and Logs), *Ágoston Barbara* a 4. feladat lovagja (Molecular Chainmail), a 10. feladatban *Csernecky Balázs* adott mattot (Chemist's Gambit), *Skenderovic Szonjának* pedig azt dobta a kocka, hogy a döntőben adhatta elő kiváló 6. feladatát (Roll the Dice).

A sok szép eredmény és az izgalmas verseny nem jöhetett volna létre szponzoraink nélkül. Köszönetünket fejezzük ki a verseny helyszínénél szolgáló Eötvös Loránd Tudományegyetemnek, a segítőkész kapcsolattartásért pedig Szalai Istvánnak, a Kémiai Intézet igazgatójának. Köszönet az élő közvetítésekért, az interjúkért és tudósításért a Tudományos Olimpikonok Facebook-oldalának és főszerkesztőjének, Békés Gáspárnak (Fenntartható Demokráciáért Egyesület). Köszönjük az anyagi támogatást a Chemaxon Kft.-nek, az Egis Gyógyszergyár Zrt.-nek, az Iconomix Kft.-nek, a Pannonpharma Kft.-nek, a Richter Gedeon Nyrt.-nek, a Servier Hungária Kft.-nek és a Szerencsejáték Zrt.-nek. Köszönjük a szervezésben nyújtott fáradhatatlan segítséget a Magyar Kémikusok Egyesületének, elsősorban Schenker Beatrixnak és Androsits Beátának.

Ahogy a cikk elején írtam, az IChTo különleges élmény. A varázslat a részt vevő emberekben van. Hatalmas köszönet illeti mindezt a közel harmincfős szervezői csapat minden tagját!

Idén is 12 csodálatos versenyzőnk volt, akik éppúgy a varázslat részei és alkotói, mint a szervezők. Ne feledkezzünk el sem róluk, sem a mögöttük álló támogatókról. Köszönet a szülőknek, rokonoknak, barátoknak, és végül, de a legkevésbé sem utolsósorban, köszönet annak a több tucat pedagógusnak, akik elindították ezeket a fiatalokat a tudomány rögzös útján!

**Formanné Kiss Andrea**  
főszervező

### KIEMELT TÁMOGATÓK:



**RICHTER GEDEON**



SZERENCSEJÁTÉK ZRT.

### TÁMOGATÓK:



**ELKH**  
Eötvös Loránd  
Kutatói Hálózat



Magyar Gyógyszeripar



Tudományos  
Olimpikonok



## Cambridge-i tehetséggondozó programban a debreceni hallgatók

Kilenc héten át fejleszthette képességeit a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának három hallgatója a Cambridge-i Egyetem képzésén. A debreceniek az elsők, akik Magyarországról bekapcsolódhattak a világ harmadik legrégebbi, folyamatosan működő felsőoktatási intézményének tehetséggondozó programjába.

A Cambridge-i Egyetem ReachSci Global címmel olyan nemzetközi képzést tart fenn, melynek célja világszerte a természet- és technológiai tudományok iránt érdeklődő egyetemisták kutatási, szakmai és személyes ismereteinek, készségeinek fejlesztése.

Az ingyenes programhoz idén a világ 20 országának egyeteméről lehetett csatlakozni. A Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kara (DE TTK) is élt a lehetőséggel, ahonnan *Barna Döme*, *Barnáné Szabó Zsuzsanna* és *Sipos Bianka* hallgatók vettek részt a kilenc héten át tartó online képzésen. Őket a Cambridge-i Egyetem munkatársai tanulmányi átlaguk, illetve a beküldött motivációs levelek alapján választották ki.

A résztvevők kísérlettervezéssel, laboratóriumi munkával, adatelemzéssel, tudományos kommunikációval és prezentációkészítéssel foglalkoztak, valamint pályázatírással kapcsolatos előadásokon, műhelymunkákon gyarapították elméleti és gyakorlati tudásukat. Végül önálló projektet kellett megvalósítaniuk. Azt vizsgálták, hogyan befolyásolják egyes gyógyszerhatóanyagok és vitaminok a vércukorszintmérőkön mutatott értékeket. Az eredményekről később konferencián is beszámolhatnak.

## Vegyipari mozaik

**Kutató pedagógusokat köszöntöttek az MTA Székházban.**

Idén 12 pedagógus vehette át az MTA Pedagógus Kutatói Pályadíját a pedagógia, a neveléstudomány, a társadalomföldrajz, a társadalomtörténet, a fizika- és a kémiaoktatás területén elért kutatási eredményeiért. A matematikai és természettudományok területén Pedagógus Kutatói Pályadíjban részesült: **Csernovszky Zoltán**, a Berzsényi Dániel Gimnázium tanára *Organikus naplemek a fizikatanításban* (*Organic solar cells and physics edu-*



ation) című pályamunkájáért; **Szokmány Csaba**, az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnázium vezetőtanára *Tantárgyközi kapcsolatok a fizika és kémia középiskolai tanításában* című pályamunkájáért.



**Szegedi kutatók a szennyvíziszap hasznosításának lehetőségeit vizsgálták.** Jelenleg évente közel 200 ezer tonna szennyvíziszap keletkezik több mint nyolcszáz szennyvíztelepen. Egy uniós projekt keretében a Szegedi Tudományegyetem (SZTE) kutatói a debreceni TÁRS-95 Kft.-vel együttműködve a szennyvíziszap és a biogázüzemekben keletkező fermentációs maradék hasznosításának lehetőségeit vizsgálták, olyan reaktor prototípusát készítettek el, amelyben ilyen alapanyagokból energiahordozók állíthatók elő.

A projekt során Szegeden épült meg egy tízliteres termokémiai reaktor, mely normál nyomáson, 500 °C-on vagy 30 bar nyomáson 300 °C-on alkalmas szennyvíziszap vagy más biomassza kezelésére. Ezt követően hasonló elven működő, de nagyobb reaktort építettek a szakemberek Debrecenben.



**A MET Csoporthoz tartozó Dunamenti Erőmű százhalombattai telephelyén felavatták az ország első Tesla Mega-Pack akkumulátoros villamosenergia-tároló berendezéseit.**

Az avatáson Palkovics László technológiai és ipari miniszter kiemelte, hogy a villamosenergia-rendszer egyensúlyának fenntartásához és a csúcsidőszaki fogyasztás kiszolgálásához elengedhetetlen az energiatárolási kapacitás fejlesztése. A Dunamenti Erőmű vezérigazgatója, Horváth Péter véleménye, hogy a következő évtizedben az energiatárolás térfelértése várható a villamosenergia-szektorban, így a mostani projektjük után a következő években további villamosenergia-tároló kapacitások telepítését tervezik.

A Dunamenti Erőmű telephelyén telepített három Tesla Mega-Pack alapú, lítiumion-akkumulátort tartalmazó konténer 7,68 megawattóra energia tárolását teszi lehetővé kétórás tárolási ciklusidővel. (<https://www.tisztajovo.hu/technika/2022/09/12/felavattak-az-orszag-első-tesla-megapack-akkumulátoros-villamosenergia-tarolojat>) **Dobó Dorina összeállítása**

## MKE-HÍREK

### Rendezvénynaptár (2022)

november 17.	Borsodi Vegyipari Nap	Miskolc
november 24.	Kozmetikai Szimpózium	Budapest
november 29–30.	HungaroCoat 2022	Budapest

## MKE egyéni tagdíj (2023)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy szíveskedjenek gondoskodni a **2023. évi tagdíj** befizetéséről. A tagdíj összege az egyes tagdíjkategóriák szerint az alábbi:

- alaptagdíj: 10 000 Ft/fő/év
- nyugdíjas (50%): 5000 Ft/fő/év
- közoktatásban dolgozó kémianár (50%): 5000 Ft/fő/év
- ifjúsági tag (25%): 2500 Ft/fő/év
- gyeseen lévő (25%): 2500 Ft/fő/év

**Tagdíjbefizetési lehetőségek:**

- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- sárga csekk az MKE Titkárságtól kérhető
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u 16. II/8.)

Banki átutalásos és csekkes tagdíjbefizetés esetén a **név, lakcím, összeg rendeltetése** adatokat kérjük jól olvashatóan feltüntetni.

Ahol a munkahely levonja a munkabérből a tagdíjat és listás átutalás formájában továbbítja az MKE-nek, ez a lista szolgálja a tagdíjbefizetés nyilvántartását.

Tájékoztatjuk, hogy a **Magyar Kémikusok Lapja** nyomtatott változatát csak azok a tagjaink kapják meg, akik 7000 Ft-tal hozzájárulnak a lap megjelenéséhez és postázásához. Kérjük, ha az online hozzáférés mellett a nyomtatott példányt is szeretné megkapni, küldje el nevét és címét az Egyesület Titkárságának (1015 Budapest Hattyú u. 16. 2/8., e-mail: mkl@mke.org.hu)

## Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2023. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2023. évi díja fizető egyesületi tagjaink számára 1400 Ft. Kérjük, hogy az előfizetési díjat a tagdíjjal együtt szíveskedjenek befizetni. Lehetőség van átutalással rendezni az előfizetést a Titkárság által küldött számla ellenében. Kérjük, jelezzék az erre vonatkozó igényüket!

Köszönetet mondunk mindenkinek, aki 2022-ben kettős előfizetéssel hozzájárult a határon túli magyar kémikusoknak küldött folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2023-ban is csatlakozzon a kettős előfizetési akcióhoz.

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

### LXXVII. No. 11. November

#### CONTENTS

<i>Eugene Wigner's exceptional year in Oak Ridge</i>	322
<b>BALÁZS HARGITTAI and ISTVÁN HARGITTAI</b> <i>The second „Momentum” —from enzymes to nanozymes.</i>	
<i>An interview with István Szilágyi</i>	326
<b>PÉTER SZALAY</b> <i>Continuous flow reactors and continuous pharmaceutical processing. Part III. Industrial examples. Part II</i>	328
<b>PÉTER DEÁK, ATTILA VÖRÖS, and PÉTER MIZSEY</b> <i>Action and effect of proton pumps.</i>	
<i>Functional electro-biochemistry of mitochondrion. Part III</i>	334
<b>ANDRÁS RÓKA</b> <i>On allergy and textiles</i>	338
<b>CSABA KUTASI</b> <i>Dear Ms Fülöp, the test-tube is neighing!</i>	342
<b>LIZA SZÓFIA NÉMETH</b> <i>Chembits</i>	346
<b>GÁBOR LENTE</b> <i>Obituary</i>	
<i>Tibor Braun has passed away</i>	348
<i>In memoriam Ibolya Molnár-Perl</i>	349
<i>Publication of the month</i>	350
<i>News of the Month</i>	350

# Megbízható Mennyiségi Meghatározás

Minden komponens, mátrix és felhasználó esetében

A tudományos és üzleti célok elérése csak megbízható eredmények birtokában lehetséges.

A felhasználási területtől függetlenül a Thermo Scientific™ TSQ hármas kvadrupol tömegspektrometriás rendszerei kiemelkedő precizitást biztosítanak a mennyiségi meghatározási feladatokra. Nagy felbontású SRM üzemmód, robusztusság, megbízhatóság és érzékenység egy készülékben, mely segítségével minden felhasználó a a mérendő komponenstől vagy a mátrixtól függetlenül megbízható mérési eredményekhez juthat.



Thermo Scientific™ TSQ Altis™  
hármas kvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Quantis™  
hármas kvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Fortis™  
hármas kvadrupol tömegspektrométer

További információk:

[thermofisher.com/confidentquantitation](https://thermofisher.com/confidentquantitation)

Kizárólagos képviselő:

**UNICAM Magyarország Kft.**  
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.  
Telefon: +36 1 221 5536  
E-mail: [unicam@unicam.hu](mailto:unicam@unicam.hu)  
Web: [www.unicam.hu](http://www.unicam.hu)

**UNICAM**