

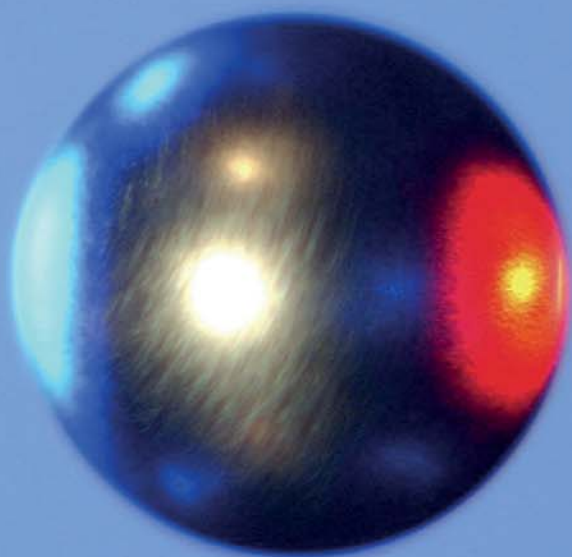
**Pálinkó István  
1959–2021**



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXVI. ÉVFOLYAM • 2021. MÁJUS • ÁRA: 850 FT

## Érintésmentes kísérletek levitációval



**nka** A lap megjelenését  
a Nemzeti Kulturális Alap  
támogatja  
Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány  
a Magyar Tudományos Akadémia  
támogatásával készült

# AUTOMATA ELEMENALIZÁTOROK

## C - H - N - S - O - Cl TIC-TOC-TN-TP

### A MIKRO ANALITIKÁTÓL ... A MAKRO ELEMZÉSIG

### ELEMENALIZÁTOROK & TÖMEGSPEKTROMÉTEREK

**vario sorozat:** univerzálisan alkalmazható multi elemanalizátorok  
MICRO - FÉLMACRO - MACRO beméréssel

**trace sorozat:** nyomelemzés



**rapid sorozat:** Rutin kezelésszerű berendezések dedikáltan egyes felhasználói területekre optimalizálva analízis költség, mérési idő és érzékenység tekintetében

**N / fehérje analizátorok**



**Természetes izotóp arány és elemösszetétel mérő analizátorok:**  
Termékeredet vizsgálat, kriminológia, drog- és dopping felderítés, geológia



**TOC / TIC / TC analizátorok:**  
ppm és ppb tartomány, össz-N és össz.-P mérés

**INDUCTAR sorozat:**  
elemanalízis fémekben és kerámiákban



**SZÉLESKÖRŰ ALKALMAZÁSI TERÜLET**



AGRÁR  
MÉRÉSEK



KÉMIAI  
ÖSSZETÉTEL



ENERGIA  
IPAR



KÖRNYEZET-  
VEDELEM



KRIMINOLÓGIA  
EREDET MÉRÉS



ANYAG-  
VIZSGÁLAT



**elementar**  
Analysensysteme GmbH  
EXCELLENCE IN ELEMENTS  
[www.elementar.de](http://www.elementar.de)



**AKTIV INSTRUMENT Kft.**  
ANALITIKAI BERENDEZÉSEK, AUTOMATA ANALIZÁTOROK  
1145 Budapest Pétervárad u. 14.  
Tel.: (1)-789-2778, Fax: (1)-785-8489  
Mail: [kozpont@aktivinstrument.hu](mailto:kozpont@aktivinstrument.hu)  
web: [www.aktivinstrument.hu](http://www.aktivinstrument.hu)



# MAGYAR KÉMİKUSOK LAPJA

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXVI. évf., 5. szám, 2021. május



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,  
MÜLLER TIBOR, 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: Planta-2000 Bt.  
Nyomás: Europrinting Kft.  
Felelős vezető: ENDZSEL ERNŐ  
üggyvezető 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 Batthyany 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.2021.05

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

## Pálinkó István 1959–2021

Megdöbrentő a hír. Főtitkárunk, Pálinkó István a koronavírussal vívott háromhetes harcat elvesztette. Március 26-án hajnalban, 62 éves korában, elhunyt. Félbeszakadt élet, kettétört pálya, befejezetlen munka. Nagy úrt hagyott maga után mindenfelé. Nehéz elhinni a szomorú valóságot. Elképzelhetetlen, hogy István, Pisti, Stike elment. Még szokni kell a gondolatot, a tényt meg kell tanulni elfogadni, és kialakítani az életünket, munkánkat tényleges jelenléte nélkül.

Civilben az SZTE Kémiai Intézetének egyetemi tanára volt. Tudományos kutatásait a Szerves Kémiai Tanszék egyik sikeres területén, a heterogén katalízis terén folytatta éveken keresztül. Néhány évvel ezelőtt egyik kollégájával új kutatási irányt indítva intézeti kutatócsoportot szerveztek, amelyben kitarító munkával mára nemzetközi hírnevet szereztek.

2015-ben választottuk meg az Egyesület főtitkárának; ezt a munkát is nagy hozzáértéssel és körültekintéssel látta el. A tagság, az Intézőbizottság és a Titkárság elégedettségét is kivívta munkabíráásával, mindenre odafigyelésével, megnyerő emberi tulajdonságaival. Türelme, segítőkészsége mindenkiben elisme-

rést váltott ki. Mindannyiunk számára emlékeztetések maradnak az olykor parázshangulatú IB-ülések, melyeket megfontoltan, türelmesen vezetett. Segítőkészségére csak egy legutolsó példa: már hordozta a vírust, amikor március 2-án az MKL Szerkesztőség és Szerkesztőbizottság Zoom-ülését technikailag otthonából segítette.

Vezetői kvalitásait a szakma is felismerte: 2019-ben a Kémiai Intézet vezetőjévé nevezték ki.

Mennyi félbemaradt munka, mennyi félbemaradt feladat, tervek, elképzelések töm-

kelege, befejezetlenség.

Jó ember volt. Nem volt könnyű kolléga; ha kellett, vállalta a konfliktusokat. Vezető pozícióban megfontoltan viselkedett, érezte annak súlyát. Ha valaki közel került hozzá, barátjává vált – talán annak érezhettem magam –, jobban megérthette cselekedeteinek mozgatórugóit, hozzászólásainak indítékait. Mindig a jó szándék, a jobbítás igénye vezérelte.

Búcsúzzunk Tőled. Emléked mind, a magunk módján, megőrizzük.

A kémikusok közössége



## TARTALOM

## HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTAKOZÁSA

**Dormán György:** A kombinatorikus kémia tündöklése, hanyatlása és újjászületése. Hatása a modern gyógyszerkutatásra. III. 134

## JUBILEUM: AZ MKL 75. ÉVFOLYAMA

**Simonné Sarkadi Livia:** Élelmiszer-alkotók kémiája – tematikus szám (2018) 139

**Biacs Péter:** Simonné Dr. Sarkadi Livia, a Magyar Kémikusok Egyesületének elnöke 144

## KÖZOKTATÁS – TANÁRI FÓRUM

**Kisfaludi Andrea, Karas Livia:** Hogyan boldogulnak a diákok a hétköznapi kémiai problémáinak megoldásában? 145  
A Khan Academy. Gyorsinterjú **Kállay Csillával** 151

## KITEKINTÉS

**Csupor Dezső:** Ködpiszkáló. Lúgosításért börtön? 152

**Braun Tibor:** Akusztikusan levitált folyadékcseppek. Edénymentes és érintésmentes kémia 153

## MEGEMLEKEZÉS

**Kutasi Csaba:** Robert W. Gore és a Gore-Tex® 156

**Rácz László:** Simon Pál (1929–2021) 158

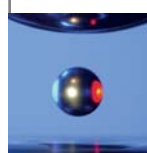
## KÖNYVISMERTETÉS

**Kiss Tamás:** Huszonkét kémiai történet (Simonyi Miklós: Emberek és molekulák) 159

## VEGYÉSZLELETEK

**Lente Gábor** rovata 160

## A HÓNAP HÍREI 162



## Címlapunkon:

Érintésmentes vizsgálat.  
Titán-cirkónium-nikkel  
ötveztből készült minta  
lebeg egy elektro-  
statikus levitátor  
vákuumkamrájában.  
A mintát lézerfényrel  
olvasztják meg,  
majd hagyják,  
hogy megszilárduljon.  
A cél új optikai anyagok,  
úrhajó-komponensek  
fejlesztése  
(NASA/MSFC/Emmett  
Given)



Dormán György

■ TargetEx Kft., SZTE Gyógyszerésztudományi Kar

# A kombinatorikus kémia tündöklése, hanyatlása és újjászületése

## Hatása a modern gyógyszerkutatásra | III. rész

*Cikksorozatunkat Furka Árpád professzornak ajánljuk közelgő 90. születésnapjára a kombinatorikus kémia történetében betöltött, nemzetközileg elismert, úttörő szerepéért.*

**N**égyrészes sorozatunkban a gyógyszerkutatás elmúlt 25 évében komoly szerepet játszó kombinatorikus kémia felmerülését, virágzását, hanyatlását, végül újjászületését kívánjuk bemutatni kitekintéssel a hazai szakmai műhelyek hozzájárulására is.

### Hazai szakmai műhelyek

A magyar kutatók, egyetemek, gyógyszergyárak és vállalkozások nagymértékben hozzájárultak a kombinatorikus kémia és a nagy áteresztőképességű biológiai szűrés gyors fejlődéséhez és térhódításához.

#### Hazai egyetemek

A hazai egyetemi és akadémiai kutatóműhelyek között első hely illeti meg az ELTE TTK Szerves Kémiai Tanszék Peptidkémiai Kutatócsoportját, ahol Furka Árpád professzor munkatársaival a kombinatorikus kémia alaptechnológiájának számító osztásos-keveréses peptidszintézist fejlesztette ki, majd kidolgozta a string- („zsinór”) szintézist. (Ezeket sorozatunk első részében bemutattuk).

A Szegedi Tudományegyetem Gyógyszerésztudományi Karán Fülöp Ferenc és munkatársai korábbi szintetikus kutatásaikban keletkező vegyületekből, ill. célzott könyvtárszintézisekből [1,2] (**1. ábra**) létrehoztak egy többezres molekulabankot, ami számos gyógyszerkutatási projektben eredményezett aktív vegyületeket.

A Debreceni Tudományegyetem Szerves Kémiai Tanszékén Patonay Tamás (1951–2015) hasonló többezres kereshető molekulabankot hozott létre szintetikus munkáiból.

#### Hazai gyógyszergyárak

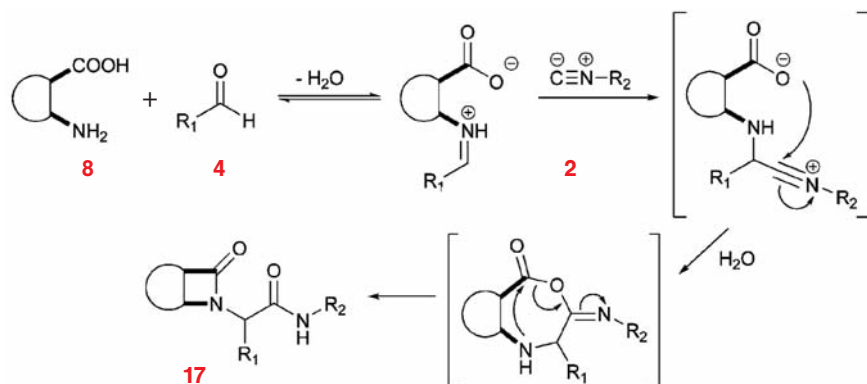
Hazai gyógyszergyáraink hamar felismerték a kombinatorikus kémiában rejlő lehetőségeket.

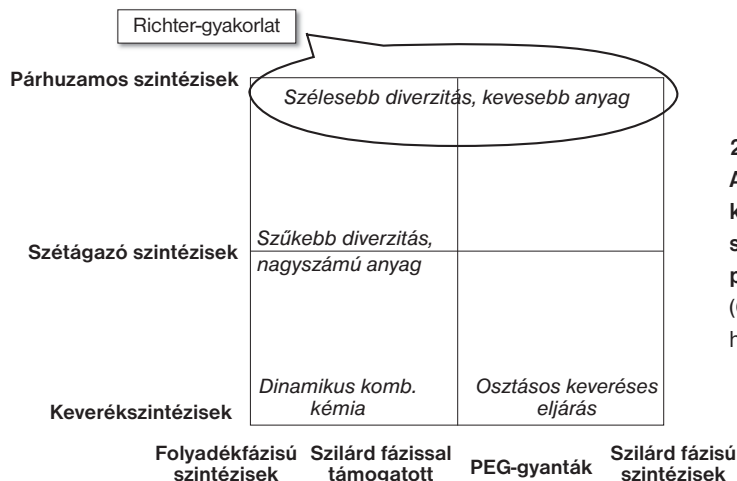
**Chinoin/Sanofi Gyógyszergyár.** 1994-ben, egy nemzetközi gyógyszerkémiai szimpóziumot követően, Arányi Péter kezdeményezésére Bata Imre vállalta el, hogy kombinatorikus kémiai módszerekkel bővítsa a Chinoin frissen létrehozott vegyülettárát. A kezdetben manuális szintézisek sikerén felbuzdulva 1997-ben szintetikus kapacitást építettek ki egy német SYRO

robot megvásárlásával, mellyel 60 párhuzamos reakciót lehetett végrehajtani szilárd hordozón vagy oldatban. 2004-ben sorozatos összeolvadások után létrejött a Sanofi-Aventis, Európa legnagyobb gyógyszergyára, így ennek megfelelő méretű közös Molekulabankkal rendelkezett. Miután az Aventis korábban felvásárolta a Seletride kombikem-céget, valamint már rendelkezett egy teljesen automatizált oldatfázisú szintézisekkel foglalkozó csoporttal, így a budapesti helyszín elvesztette létjogosultságát. A Chinoin-csoport Hermezy István (1944–2011) közreműködésével a kombinatorikus kémia első hazai, magyar nyelvű összefoglaló műveit jelentette meg, [3,4,5,8] amit 2011-ben egy újabb követett. [6]

**A Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Nyrt.** 1997-ben hozta létre kombinatorikus kémiai kutatócsoportját Greiner István irányításával. [7,8] Ebben az évben szereztek be egy Tecan automata szintetizátort, amit később kibővítettek a bepárláshoz szükséges centrifugál-vákuumbepárlóval és az analitikai-tisztítást segítő HP-Gilson kombinált HPLC–MS rendszerrel. Számos új szintézist dolgoztak ki szilárd hordozón és folyadékfázisban, amelyek alkalmas voltak az automata szintetizátoron történő könyvtár szintézisre. [9–12] A későbbiekben a már megszerzett tapasztalatok alapján kidolgozták a kombinatorikus kémiai mátrixot (**2. ábra**), mely szemléletesen ábrázolja a kombinatorikus kémia alkalmazási fajtáinak egymáshoz való viszonyát, és amely egyetemi oktatási anyag részét is képezi már (BME gyógyszer-vegyéssz mérnöki MSc). A kombinatorikus kémia ma a Richter K+F területén mindennapos; [13–15] hasznosságát mi sem bizonyítja jobban, mint hogy a ma már „blockbuster” cariprazine kutatásának során is alkalmazták. [16,17]

**1. ábra.** 17 tagszámú bi- és triciklusos  $\beta$ -laktám-könyvtár előállításának vizes közegben (Kanizsai et al. [2])





2. ábra.  
A Richter Gedeon  
kombinatorikus  
szintézisének  
portfóliója  
(Greiner István  
hozzájárásával)

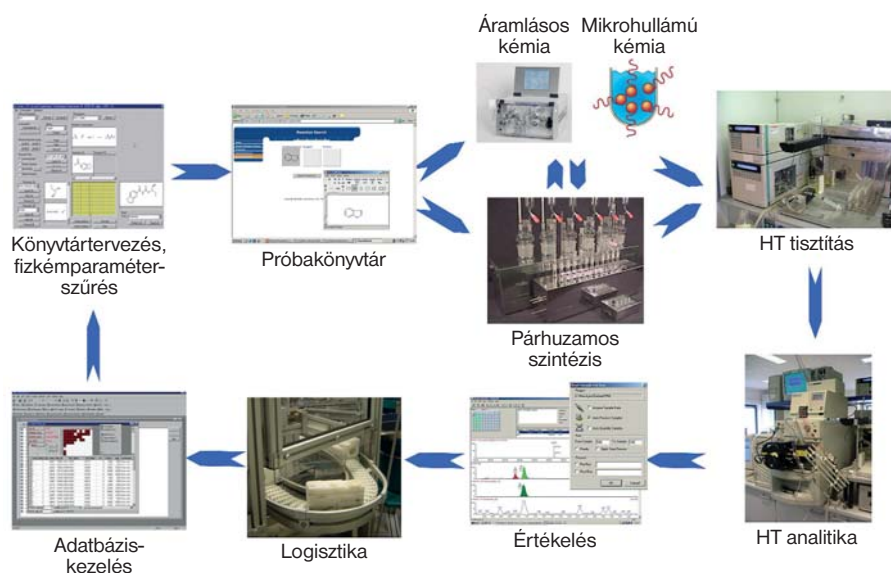
Ezzel párhuzamosan Keserű György és munkatársai virtuális szűrési kapacitást építettek ki, ami egyrészt a könyvtárak korai ADMETox-jellemzését [18,19] és a CNS-aktivitás [20] becslését célozta meg, másrészt elsőként valósították meg fehérjecélpontok 3D szerkezetalapú szűrését [21] Magyarországon. Ez utóbbi módszer számos célpont esetén aktív vegyületet eredményezett, és jól kiegészíti a nagy áteresztőképességű biológiai szűrést. [22]

#### Hazai vállalkozások

A 90-es évek vége felé a nagy farma-cégek egymás után alapítottak kombinatorikus kémiai csoportokat abból a célból, hogy a cég profiljába vágó régi és új célpontok farmakológiailag releváns kémiai terét lefedjék. Az előállított relatíve kis, ill. közepes méretű könyvtárak izolált, egyedi molekulákat tartalmaztak, nem pedig keverékeket, és elsősorban folyadékfázisú párhuzamos szintézissel állították elő ezeket.

#### 3. ábra. A ComGenex folyadékfázisú párhuzamos szintézisrendszere (1997–2006)

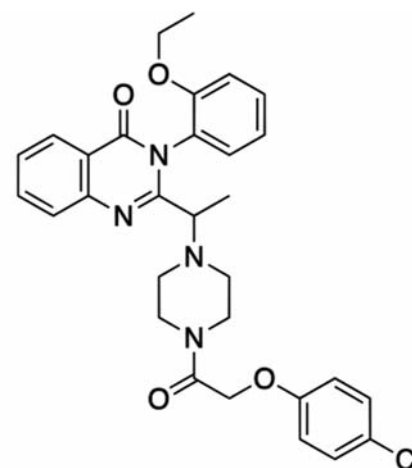
Forrás: Darvas Ferenc előadása, Vegyészkonferencia, 2011, Sopron



torblokkokkal, nagy áteresztőképességű (HT) tisztítással, analitikával, [25] logisztikával, központi adatbázissal és predikciós szakértői rendszerekkel támogatott, nagy hatékonyságú szintézisrendszer volt (3. ábra).

A ComGenex számos gyógyszeripari céggel (Bayer, Merck stb.) kötött exkluzív együttműködési szerződést, mely során több millió vegyületet állítottak elő.

A kombinatorikus kémiai cégek nem exkluzív („nyílt”) molekulakönyvtáraik adatbázisait elérhetővé tették. Ezekből a biológiai szűréssel foglalkozó cégek „szemelgethettek” („cherry-picking”). A ComGenex vegyületkönyvtára (kb. 200 000 vegyület) a „medchem tractability” (gyógyszer-kémiai alkalmasság) szempontjából az egyik legjobb volt 23 további vendorkönyv-



4. ábra. Erastin/ CGX596987  
antitumor-hatású vegyület

tárral összehasonlítva 2004-ben. [26] A többmilliók könyvtárból a partnerek számos biológiai aktív vegyületet azonosítottak. Közülük a legismertebb az antitumor-hatású, apoptózist indukáló, CGX596987 kódú kinazolonszármazék, amely Erastin néven vált ismertté [27] (4. ábra).

A CGX-könyvtárból 2D/3D kemoinformatikai módszerekkel számos fókuszált könyvtárat választottak ki, melyek közül említésre méltó a kinázcsaládra fókuszált, ill. a specifikus foszfatidilinozitol-3-kinázgátló könyvtár, amely számos aktív vegyületet eredményezett. [28,29] A CGX molekulabankjának *in silico* kiterjesztése által prediktált metabolitokat és retrometabolitokat (prodrugokat), ill. T. Fujita (Kiotói Egyetem) professzor útmutatásai alapján bioizosztér/bioanalóg helyettesítéseket tartalmazó könyvtárakat kínáltak partnereiknek. [30] A molekulabank folyamatos bővítése során nagyszámú új molekulás vázat tartalmazó könyvtárat állítottak elő.



Közülük számos víz új, szintetikus megoldásokat igényelt. [31–33]

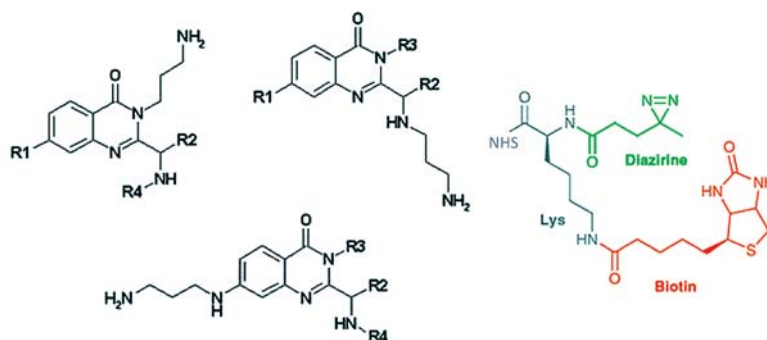
A kémiai genomika előtérbe kerülésével komoly érdeklődés irányult a sejtesszében aktivitást mutató vegyületek azonosítására és egy lépésben történő célfehérje-azonosításra. Ennek érdekében a CGX kutatói célfehérjék fotokovalens jelzésére alkalmas fotoreaktív csoportokat (diazirin, benzofenon) vezettek be a kismolekulákba kombinatorikus módon elhelyezett pánván (linkeren) keresztül, és ún. fotomarker-könyvtárakat hoztak létre. [34,35] A koncepció 10 évvel előzte meg a hasonló célú, Cravatt és munkatársai által tervezett multifunkcionális, fotoreaktív-könyvtárakat [36] (5. ábra).

A pánvázott könyvtár másik alkalmazásában a vegyületeket reaktív üveg mikroszkóplemezre horgonyozták ki („rányomtatták”). Az így nyert kémiai mikrosorokkal a sejtet alkotó fehérjék sokaságának és kismolekulák sokaságának párhuzamos kölcsönhatás-vizsgálatát végezték uniformizált körülmények között. [37]

2006-ban a ComGenexet megvásárolta az amerikai AMRI cég, majd miután 2012-ben magyarországi telephelyét megszüntette, a korábbi tulajdonos a régi szakmai törzsgárdát a ComInnex vállalkozásába integrálta. A ComInnex a könyvtárszintézis új követelményeihez igazodva a ThalesNano által kifejlesztett áramlásos reaktorok kiterjesztett paraméterterével új gyűrűrendszereket állított elő. [38] A ComInnex hazánkban elsőként adaptálta a DEL- (DNS által kódolt) könyvtárak szintézisét (a témáról sorozatunk 4. részében szólunk), és folyamatosan fejleszti tovább a technológiát.

A CGX egykori leányvállalata, a RecomGenex 2007-ben **Targetex Kft.** néven, Cseh Sándor vezetésével, önálló biotechnológiai kisvállalattá vált. A cég molekuláris biológiai, esszéfejlesztési és kémiai informatikai szolgáltatásokat nyújt. Az elmúlt években több fehérjecélpontra célzott (PDE4/5, [39] glutaminil-cikláz, [40] lizil-oxidáz, [41] C1s [42]) inhibitorfókuszált könyvtárakat generáltak elsősorban 2D/3D ligandumalapú módszerekkel, amelyek biológiai validálása során számos aktív vegyületet azonosítottak. A ligandumalapú „molekulahalászat” a „hasonló tulajdonságok alapján” nyugszik, amely szerint a kémiaiailag hasonló molekulák biológiai szempontból is hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek. A vegyületek molekuláris „ujjlenyomatán” alapuló 2D hasonlóság alapú válogatás jól alkalmazható új, adott fehérjecélponton nem vizsgált kémiai szerkezetek felkutatására,

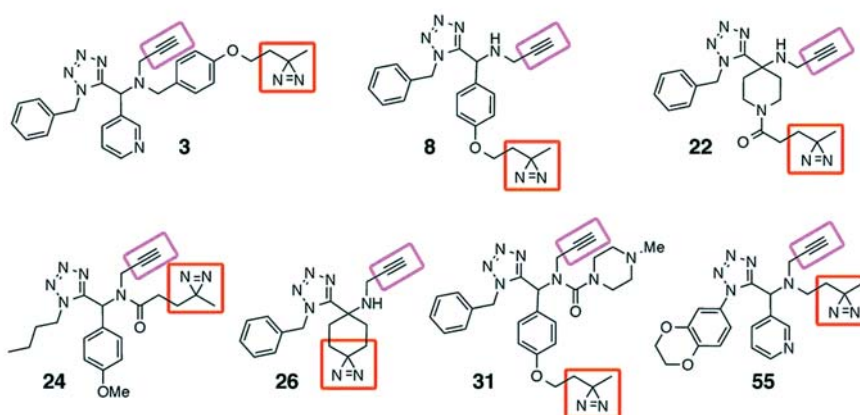
## CGX-módszer (2002)



## Cravatt et al. (2012)

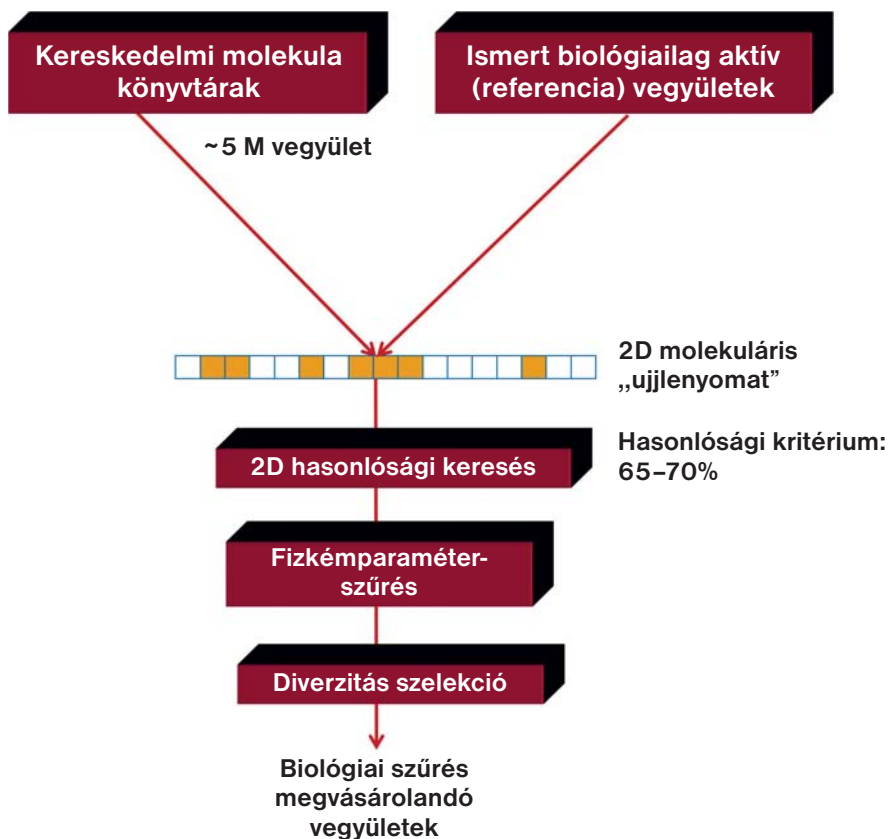
Photocrosslinking group (diazirine)

Latent affinity handle (alkyne)



5. ábra. A ComGenex és Cravatt multifunkcionális fotoreaktív-könyvtár

6. ábra. A 2D ligandumalapú hasonlósági keresés folyamata többmillió kereskedelmi adatbázisból kiindulva Forrás: TargetEx Kft.





ha azok hasonlítanak az ismert, biológiai-  
ilág aktív, referenciavegyületek szerkezeté-  
hez.

A **6. ábra** a 2D ligandumalapú virtuális  
szűrés folyamatát mutatja be. A kívánt ha-  
sonlóságot (~65–70%) elérő vegyületek szá-  
mát fizikai kémiai paraméterekre megál-  
lapított kritériumok és diverzitásszelekció  
alapján lehet szűkíteni. A vásárolható ve-  
gyületek adatbázisai (PubChem, Zinc stb.)  
mellett addigra rendelkezésre álltak már  
olyan adatbázisok is, amelyek tartalmaz-  
ták nagyszámú vegyület biológiai aktivitá-  
si adatait (ChemBL, BindingDB, DrugBank  
stb.).

A **Vichem Chemie Kutató Kft.**-t az  
Axxima Pharmaceuticals AG alapította 1999-  
ben, gyógyszerkémiai leányvállalatként.  
A cég első ügyvezetője Kéri György (1950–  
2016) volt. Örfi László közreműködésével  
kinázzgatók fejlesztése területén érték el  
nemzetközi szempontból is kiemelkedő  
eredményeket. Kifejlesztették a Nested  
Chemical Library™ (NCL) [43] elnevezésű,  
kinázokra fókuszált (kb. 17 000 inhibitor)  
vegyülettárat és technológiát, ami 600 vál-  
tozatosan szubsztituált alapstruktúra köré  
szerveződik, és több mint 160 kináz ellen  
tartalmaz ismert gátlószert. Az elmúlt 20  
évben a technológia alkalmazásával szá-  
mos sejten belüli jelátvitelben szerepet ját-  
szó patológiás kinázcélpont [44] ellen sike-  
rült új gátlószert kifejlesztetniük (pl. AXL,  
[45] CDK9, [46] EGFR/cMet, [47] FGFR4,  
[48,49] FLT3), melyeket 43 fő – nemzeti  
fázisokban több mint 130 – szabadalmi  
bejelentésben védtek. A korábbi tapasza-  
latok alapján az utóbbi években allosztéri-  
kus enziminhibitor/modulátor fókuszált ve-  
gyülettárat (Allosteric Library, 1400 vegyü-  
let) fejlesztettek ki 40 irodalmi allosztéri-  
kus enzim inhibitor/modulátor szerkezete  
köré, ami kiváló kiindulási pont új terápi-  
ás jelentőségű, allosztérikus módon kötő-  
dő gyógyszerjelöltek azonosítására. Kova-  
lensen kötődő és hordozóhoz vagy fluo-  
reszcens molekulához kapcsolható (tool  
compound) vegyülettáruk a kinázinhibi-  
tor-kutatás új irányait követi.

Az **Infarmatik Kft.**-t (Magyarorszá-  
gon és az USA-ban) Kovács László alapí-  
totta 1994-ben. A cég fő profilja nem  
szokványos szerkezetű molekuláris építő-  
elemek szintézise volt kombinatorikus  
könyvtárak számára. Később, a 2000-es  
évek közepétől a cég figyelme önálló frag-  
mentumkönyvtár tervezése felé fordult, és  
számos célzott könyvtárat hoztak forga-  
lomba (diverz 3D szerkezetű, GPCR, [50]  
kináz). Emellett a piacon elsőként jelentek  
meg akrilamid-fragmentum-könyvtárral,

amelynek tagjai kovalens kötést képesek  
létesíteni a kötőfehérje térközelségben lé-  
vő cisztein aminosavjaival tartós kölcsön-  
hatást biztosítva.

Az **Avicor/Avidin Biotech** vállalkozá-  
sokat Puskás László alapította 2002-ben.  
Az eredetileg molekuláris biológiai háttér-  
rel rendelkező biotech-cég immobilizált  
DNS-, fehérje- és kismolekula-könyvtár mik-  
rosorokat fejlesztett ki és alkalmazott ge-  
nomikai és proteomikai vizsgálatokban.  
[51] Később számos gyógyszerkutatási  
(rák-, ill. Alzheimer-kór-ellenes) projektet  
indítottak, melyeknek támogatására rész-  
ben saját szintetikus kapacitás felhasználá-  
sával százezres nagyságrendű eredeti kis-  
molekulából álló exkluzív könyvtárat hoz-  
tak létre, amiből számos aktív vegyületet  
azonosítottak.

Kiss Róbert 2011-ben 4 társával alapí-  
totta meg az **Mcule.com** internetes gyógy-  
szerkutatási platformot, [52] amely szá-  
mos kemoinformatikai keresési lehetősé-  
get biztosít a mintegy 45 millió megvásá-  
rolható vegyületet magába foglaló adatbá-  
zisban. Emellett az Mcule bevezette saját  
fejlesztésű, kombinatorikus reakciószabá-  
lyokon alapuló, jelenleg mintegy 126 mil-  
lió szintetizálható vegyületet tartalmazó  
Ultimate adatbázisát. A platform a kivá-  
lasztott vegyületek online megvásárlását is  
biztosítja mindkét adatbázis esetén.

Meg kell még említeni a **ChemAxon  
Kft.**-t, amely Csizmadia Ferenc szakmai  
irányításával szoftverek sokaságát hozta  
létre molekulakönyvtárak generálására,  
[53] adatbázis-kezelésre, [54] analízisére,  
2D/3D hasonlósági keresésére, [55] fiziko-  
kémiai és ADMETox-alapú virtuális szűré-  
sére.

A 2016-ban Makara Gergely szakmai írá-  
nyításával alapított **ChemPass Kft.** a  
gyógyszerfelfedezés számára generál és kí-  
nál mesterséges intelligenciával (AI) támo-  
gatott szintetikus megvalósítható, inno-  
vatív szerkezetű virtuális könyvtárakat.

## A kombinatorikus kémia nemzetközi és hazai szerveződése

A kombinatorikus kémia hazai szervező-  
dése szorosan kapcsolódott a nemzetközi,  
elsősorban európai szervezetekhez. 2000  
előtt a nagy áteresztőképességű biológiai  
szűrés és molekuláris diverzitás tematikája  
körébe tartozott a kombinatorikus kémia.  
A terület 2. Európai Konferenciáját 1995-  
ben Budapesten rendezték, majd 1996-ban  
megalakult a Biomolekuláris Szűrés Társaság (1996). Ezt követte 2000-ben a Kom-  
binatorikus Tudományok Európai Társa-

ságának alapítása Morten Meldal vezeté-  
sével. A szervezet első hivatalos konferen-  
ciáját 2001-ben Budapesten rendezték meg  
(Eurocombi-1) és itt *Furka Árpádot meg-  
választották a szervezet tiszteletbeli elnö-  
kévé.* Ebben az évben alakult meg a Ma-  
gyar Kémikusok Egyesülete Gyógyszerké-  
miai Szakosztály Kombinatorikus Kémiai  
Szakcsoportja Darvas Ferenc vezetésével.  
A szakcsoportot 2005–2010 között Dor-  
mán György, 2010 után Gerencsér János  
vezette, miközben a szakcsoport aktivitá-  
sát kiterjesztette Kombinatorikus Kémiai  
és Új Szintézistechnológiai Szakcsoport el-  
nevezéssel, és így működött a 2010-es évek  
közepéig, amikor érdektelenség okán meg-  
szűnt. A szakcsoport a 2000-es években  
számos előadói programot szervezett és a  
terület oktatási tevékenységét is felkarol-  
ta, „Nagy áteresztőképességű és kombina-  
torikus technológiák a szerves kémiában”  
címmel mérnöktovábbképző tanfolyamot  
szervezett a BME-n, az ELTE, a Chinoi, a  
ComGenex és a Richter szakértőinek be-  
vonásával. A Magyar Kémikusok Lapja már  
a kezdetektől fórumot biztosított a kom-  
binatorikus kémia művelői számára; 1999-  
ben és 2003-ban tematikus számot szerve-  
zett, és később is lehetőséget nyújtott a té-  
ma új eredményeinek bemutatására.

Cikksorozatunk befejező részében a klasz-  
szikus kombinatorikus kémia válságát és  
elmúlt években tapasztalt újjászületését mu-  
tatjuk be.



**Köszönetnyilvánítás.** A szerző köszönettel tartozik  
Bata Imrénnek, Bátori Sándornak, Darvas Ferencnek, Fül-  
öp Ferencnek, Greiner Istvánnak, Kiss Róbertnek, Ko-  
vács Lászlónak és Örfi Lászlónak. Külön köszönet illeti  
Gerencsér Jánost a kézirat szakmai lektorálásáért.

## IRODALOM

- [1] Fülöp, Gede, S., Van der Eycken, J., Fülöp, F. (2002).  
Liquid-phase combinatorial synthesis of alicyclic  $\beta$ -  
lactams via Ugi four-component reaction. *Org. Lett.*,  
4(11), 1967–1969.
- [2] Kanizsai, I., Gyónfalvi, S., Szakonyi, Z., Sillanpää, R.,  
Fülöp, F. (2007). Synthesis of bi- and tricyclic  $\beta$ -lac-  
tam libraries in aqueous medium. *Green Chem.*, 9(4),  
357–360.
- [3] Hermecz I., Bata I. (1999). Kombinatorikus kémia.  
Bevezetés, fogalmak és módszerek. *Magyar Kémiku-  
sok Lapja*, 54(5), 211–213.
- [4] Bata I., Báthori S., Várkonyiné Schlovicskó E., Her-  
mecz I., Arányi P. (1999). Kismolekulák kombinatori-  
kus szintézise, *Magyar Kémikusok Lapja*, 54(5), 214–  
222.
- [5] Bata I., Arányi P., Podányi B., Erősné Takácsy T., Haj-  
dú F. (1999). A kombinatorikus szintézisek analitikai  
módszerei. *Magyar Kémikusok Lapja*, 54(5), 239–244.
- [6] Bata I. (2011). Célzott vegyülettárak a vezérmolekula  
keresésében. *Gyógyszerkutatás kémiája*, Szerk.: Ke-  
serű Gy., Akadémiai Kiadó, Budapest
- [7] Greiner I., Keserű Gy. M., Szombathelyi Z. (2004).  
Nagy áteresztőképességű módszerek a gyógyszerku-  
tatásban, *Magyar Kémikusok Lapja*, 59(6–7), 208–  
213.
- [8] Greiner I. (2005). Kombinatorikus kémia. Vegyületek  
gombnyomásra. *Természet Világa*, 2005/I. különszám  
36–38.

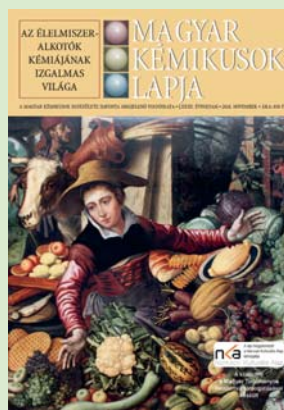


- [9] Wéber, C., Bielik, A., Szendrei, G. I., Greiner, I. (2002). Novel solid-phase synthesis of 2, 6-disubstituted 4 (3H)-quinazolinones for combinatorial library generation. *Tetrahedron Lett.*, 43(16), 2971–2974.
- [10] Wéber, C., Bielik, A., Szendrei, G. I., Keszérű, G. M., & Greiner, I. (2004). Solid-phase synthesis of an N-(phenylalkyl) cinnamide library via Horner–Wadsworth–Emmons reaction. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 14(5), 1279–1281.
- [11] Wéber Cs., Bielik A., Demeter Á., Borza I., Szendrei I. Gy., Keszérű Gy. M., Greiner I. (2005). Solid-phase synthesis of 6-hydroxy-2,4-diaminoquinazolines, *Tetrahedron* 61(39), 9375–9380.
- [12] Wéber Cs., Demeter Á., Greiner I. (2006). An efficient solid-phase synthesis of 2-alkyl-4,6-diaminopyrimidines and 2,4,6-triaminopyrimidines, *Tetrahedron*, 62(10), 2304–2312.
- [13] Borza I., Kolok S., Ignác-Szendrei Gy., Greiner I., Tárkányi G., Galgóczy K., Horváth Cs., Farkas S., Domány Gy. (2005). Indole-2-carboxamides as novel NR2B selective NMDA receptor antagonists, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 15(24), 5439–5441.
- [14] Wágner G., Wéber Cs., Nyéki O., Nógrádi K., Bielik A., Molnár L., Bobok A., Horváth A., et al. (2010). Hit to lead optimization of disubstituted oxadiazoles and tetrazoles as mGluR5 NAMs. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 20, 3737–3741.
- [15] Galambos J., Bielik A., Krasavin M., Orgován Z., Domány G., Nógrádi K., Wágner G., Balogh G.T., et al. (2017). Discovery and Preclinical Characterization of 3-((4-(4-Chlorophenyl)-7-fluoroquinoline-3-yl)sulfonyl)benzonitrile, a Novel Non-acetylenic Metabotropic Glutamate Receptor 5 (mGluR5) Negative Allosteric Modulator for Psychiatric Indications. *Journal of Medicinal Chemistry* 60(6), 2470–2484.
- [16] Ágai-Csongor É., Nógrádi K., Galambos J., Vágó I., Bielik A., Magdó I., Ignác-Szendrei Gy., Keszérű Gy. M., Greiner I., et al. (2007). Novel sulfonamides having dual dopamine D2 and D3 receptor affinity show in vivo antipsychotic efficacy with beneficial cognitive and EPS profile, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 17(19), 5340–5344.
- [17] Domány Gy., Greiner I. (2016). A kémia, ami a cariprazine-hoz vezetett. *Magyar Kémiai Folyóirat* 122(2–4), 112–116.
- [18] Keszérű, G. M. (2001). A virtual high throughput screen for high affinity cytochrome P450cam substrates. Implications for in silico prediction of drug metabolism. *J Comput Aided Mol Des*, 15(7), 649–657.
- [19] Molnár, L., Keszérű, G. M., Papp, Á., Lőrincz, Z., Ambrus, G., & Darvas, F. (2006). A neural network based classification scheme for cytotoxicity predictions: Validation on 30,000 compounds. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 16(4), 1037–1039.
- [20] Keszérű, G. M., Molnár, L., Greiner, I. (2000). A neural network based virtual high throughput screening test for the prediction of CNS activity. *Comb. Chem. High Throughput Screen.*, 3(6), 535–540.
- [21] Polgár, T., Keszérű, G. M. (2005). Virtual screening for  $\beta$ -secretase (BACE1) inhibitors reveals the importance of protonation states at Asp32 and Asp228. *J Med Chem*, 48(11), 3749–3755.
- [22] Polgár, T., Baki, A., Szendrei, G. I., Keszérű, G. M. (2005). Comparative virtual and experimental high-throughput screening for glycogen synthase kinase-3 $\beta$  inhibitors. *J Med Chem*, 48(25), 7946–7959.
- [23] Darvas F., Nagy T., Kovács L., Papp Á., Dormán G. (1999). Nagyszámú vegyület robotizált laboratóriumi szintézise gyógyszerkutatási célra. A CMT párhuzamos szintézisrendszer nagy diverzitású kombinatorikus könyvtárak előállítására. *Magyar Kémikusok Lapja*, 54, 230–236.
- [24] Darvas F., Kovács L. (1997). CMT: A solution phase combinatorial approach. Synthesis and yield prediction of phenazines. In: *High-Throughput Screening* (Ed. Devlin JP), 223–242. Marcell Dekker Inc., New York
- [25] Karancsi T., Gödörházy L., Darvas F. (1999). Nagy kapacitású tömegspektrometriás rendszer kombinatorikus könyvtárak analizésére, *Magyar Kémikusok Lapja*, 54(5), 237–238.
- [26] Baurin, N., Baker, R., Richardson, C., Chen, I., Folloppe, N., Potter, A., et al. (2004). Drug-like annotation and duplicate analysis of a 23-supplier chemical database totalling 2.7 million compounds. *J Chem Inf Comput Sci*, 44(2), 643–651.
- [27] Dolma, S., Lessnick, S. L., Hahn, W. C., Stockwell, B. R. (2003). Identification of genotype-selective anti-tumor agents using synthetic lethal chemical screening in engineered human tumor cells. *Cancer Cell*, 3(3), 285–296.
- [28] Decornez H., Gulyás-Forró A., Papp A., Szabó M., Sármay G., Hajdú I., Cseh S., Dormán G., Kitchen D. B. (2009). Design, selection, and evaluation of a general kinase-focused library. *ChemMedChem*. 4(8), 1273–8.
- [29] Compounds having inhibitive activity of phosphatidylinositol 3-kinase and methods of use thereof (2004). PCT1: 21958–2004; PCT2: 21780–2004. (ComGenex – Echelon Bioscience, SLC, UT)
- [30] Papp A., Szommer T., Barna L., Gyimesi G., Ferdinandy P., Spadoni C., Darvas F., Fujita T., Úrge L., Dormán G. (2007). Enhanced hit-to-lead process using bioanalogous lead evolution and chemogenomics: application in designing selective matrix metalloproteinase inhibitors, *Expert Opin. Drug Discov*, 2(5), 707–723.
- [31] Varga L., Nagy T., Kövesdi L., Bene-Buchholz J., Dormán G., Úrge L. and Darvas F. (2003). Solution-Phase Parallel Synthesis of 4,6-Diaryl-Pyrimidine-2-ylamines and 2-Amino-5,5-Disubstituted-3,5-Dihydro-Imidazol-4-ones via a Rearrangement, *Tetrahedron*, 59, 655–662.
- [32] Gerencsér J., Panka G., Nagy T., Egyed O., Dormán G., Úrge L. and Darvas F. (2005). A Versatile Procedure for the Parallel Preparation of 3-Imidazo[1,2-a]Pyridin-3-yl-Propionic acid Derivatives Involving Meldrum's Acid, *J. Comb. Chem.* 7, 530–538.
- [33] Varga L., Nagy T., Dormán G., Kálmán F., Úrge L. and Darvas F. (2006). Solution-Phase Parallel Synthesis of a Pyridinium-pyrazol-3-olate Inner Salt Library Using a Novel Three-Component Reaction *J. Comb. Chem.* 8, 338–343.
- [34] Dormán G., Krajcsi P., Úrge L., Darvas F. (2002). Novel Chemical Genomics Approaches to One-Step Hit Discovery and Target Identification/Validation, *Pharmaceutical* 1, 13–16.
- [35] Új kombinatorikus fehérjemarker molekulakönyvtárak, eljárás azok előállítására és alkalmazására (2002). Hung. Pat. Appl. P02–02212. (ComGenex)
- [36] Cisar, J. S., & Cravatt, B. F. (2012). Fully functionalized small-molecule probes for integrated phenotypic screening and target identification. *J. Am. Chem. Soc.*, 134(25), 10385–10388.
- [37] Hackler L. Jr., Dormán G., Kele Z., Úrge L., Darvas F., Puskás L.G. (2003). Development of Chemically Modified Glass Surfaces for Nucleic Acid, Protein and Small Molecule Microarrays, *Mol. Divers.*, 7, 25–36.
- [38] Lengyel, L. C., Sipos, G., Sipocz, T., Vágó, T., Dormán, G., Gerencsér, J., Makara, G. and F. Darvas, F. (2015). Synthesis of Condensed Heterocycles by the Gould–Jacobs Reaction in a Novel Three-Mode Pyrolysis Reactor, *Org. Process Res. Dev.* 19 (3), 399–409.
- [39] Dobi K., Hajdú I., Flachner B., Fabó G., Szaszko M., Bognár M., Magyar C., Simon I., Szisz D., Lőrincz Z., Cseh S. and Dormán G. (2014). Combination of 2D/3D ligand-based similarity search in rapid virtual screening from multimillion compounds' repositories. Selection and biological evaluation of potential PDE4 and PDE5 inhibitors. *Molecules*, 19(06), 7008–7039.
- [40] Szaszko M., Hajdú I., Flachner B., Dobi K., Magyar C., Simon I., Lőrincz Z., Kapui Z., Pázmány T., Cseh S., Dormán G. (2017). Identification of potential glutaminyl cyclase inhibitors from lead-like libraries by in silico and in vitro fragment-based screening, *Mol. Divers.*, 21(1), 175–186.
- [41] Hajdú, I., Kardos, J., Major, B., Fabó, G., Lőrincz, Z., Cseh, S., Dormán, G. (2018). Inhibition of the LOX enzyme family members with old and new ligands. selectivity analysis revisited. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 28 (18), 3113–3118.
- [42] Szilágyi, K., Hajdú, I., Flachner, B., Lőrincz, Z., Balczér, J., Gál, P. Závodszy, P., Pirli C., Balogh, B., Mándity, I. M., Cseh, S., Dormán, G. (2019). Design and selection of novel CLS inhibitors by in silico and in vitro approaches. *Molecules*, 24(20), 3641–3651.
- [43] Keri G., Szekelyhidi Z., Banhegyi P., Varga Z., Hegyemi Barakonyi B., Szantai Kis C., Hafenbradl D., Klebl B., Muller G., Ullrich A., et al. (2005). Drug discovery in the kinase inhibitory field using the Nested Chemical Library (TM) technology. *Assay Drug Dev Technol.*, 3(5), 543–551.
- [44] Kéri Gy., Órfi L., Eros D., Hegyemi-Barakonyi B., Szántai-Kis Cs., Horváth Z., Wáczek E., Marosfalvy J., Szabadkai I., et al. (2006). Signal Transduction Therapy with Rationally Designed Kinase Inhibitors *Curr. Signal Transduct. Ther.*, 1(1), 67–95.
- [45] Szabadkai I., Torka R., Garamvolgyi R., Baska F., Gyulavari P., Boros S., Illyes E., Choidas A., Ullrich A., Órfi L. (2018). Discovery of N-[4-(Quinolin-4-yloxy)phenyl]benzenesulfonamides as Novel AXL Kinase Inhibitors *J Med Chem* 61(14), 6277–6292.
- [46] Czudor Z., Balogh M., Bánhegyi P., Boros S., Breza N., Dobos J., Fábán M., Horváth Z., Illyés E., Markó P., Sipos A., et al. (2018). Novel compounds with potent CDK9 inhibitory activity for the treatment of myeloma. *Bioorg Med Chem Lett* 28(4), 769–773.
- [47] Szokol B., Gyulavári P., Kurkó I., Baska F., Szántai-Kis C., Greff Z., Órfi Z., Peták I., Péntes K., Torka R., Ullrich A., Órfi L. et al. (2014). Discovery and biological evaluation of novel dual EGFR/c-Met inhibitors *ACS Med. Chem. Lett.* 5(4), 298–303.
- [48] Ho H. K., Németh G., Ng Y. R., Pang E., Szántai-Kis C., Zsákaai L., Breza N., Greff Z., Horváth Z., Pató J., Szabadkai I., et al. (2013). Developing FGFR4 inhibitors as potential anti-cancer agents via in silico design, supported by in vitro and cell-based testing. *Curr. Med. Chem.* 20(10), 1203–1217.
- [49] Baska, F., Sipos, A., Órfi, Z., Nemes, Z., Dobos, J., Szántai-Kis, C., et al. (2019). Discovery and development of extreme selective inhibitors of the ITD and D835Y mutant FLT3 kinases. *Eur. J. Med. Chem.*, 184, 111710.
- [50] Kelemen, A. A., Kiss, R., Ferenczy, G. G., Kovács, L., Flachner, B., Lorincz, Z., Keszérű, G. M. (2016). Structure-based consensus scoring scheme for selecting class A aminergic GPCR fragments. *J Chem Inf Model*, 56(2), 412–422.
- [51] Puskás L. G., Hackler L. Jr., Dormán G. (2004). Kismolekula chippek a kémiai genomikában, *Biokémia*, 28, 61–67.
- [52] Kiss, R., Sandor, M., Szalai, F. A. (2012). <http://McuLe.com>: a public web service for drug discovery. *J. Cheminformatics*. 4(S1), 17.
- [53] Pirok, G., Máté, N., Varga, J., Szegezdi, J., Vargyas, M., Dóránt, S., Csizmadia, F. (2006). Making “real” molecules in virtual space. *J Chem Inf Model*. 46(2), 563–568.
- [54] Csizmadia, F. (2000). J Chem: Java applets and modules supporting chemical database handling from web browsers. *Journal of chemical information and computer sciences*, 40(2), 323–324.
- [55] Kalászi A., Szisz, D., Imre, G., Polgar, T. (2014). Screen 3D: a novel fully flexible high-throughput shape-similarity search method. *J Chem Inf Comput Sci*, 54(4), 1036–1049.

## Élelmiszer-alkotók kémiája – tematikus szám (2018)

Az élelmiszerekkel való találkozás mindennapi életünk része. Táplálkozással szerezük meg az élet fenntartásához szükséges energiát és tápanyagokat szervezetünk számára. Az élelmiszerek bioaktív komponensei mindemellett bizonyítottan jótékony hatással vannak az egészségre, és hozzájárulnak az életminőség megőrzéséhez vagy javításához. Az aromakomponensek kulináris élvezetet is nyújtanak egy kellemes környezetben elfogyasztott ebéd vagy vacsora során. Az egészségtudatos táplálkozás egyre nagyobb teret hódít a fogyasztók körében, és ezzel együtt megnőtt az érdeklődés a tudományos kutatásokon alapuló ismeretek iránt. Felismerve ezt az igényt, egyre szorosabb a kapcsolat a tudományos műhelyek, a nemesítők és a feldolgozók között az elméleti eredmények gyakorlati megvalósítása érdekében. A globális környezeti változások az élelmiszerek biztonságos fogyasztására is hatással vannak, ezért fontos megismerni például azokat a kémiai szennyezőanyagokat – mint a mikotoxinok és peszticidek –, melyek szervezetbe kerülése egészségkárosodást eredményezhet. Szükség van olyan korszerű, nagy érzékenységű, szelektív analitikai módszerek fejlesztésére, melyekkel az ilyen szennyezők élelmiszerbe kerülésének kockázata minimálisra csökkenthető.

Ez a tematikus szám három kutatóműhely – a NAIK Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, a SZIE Élelmiszertu-



dománvi Kar Alkalmazott Kémia és az Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék, valamint a BME Alkalmazott Biotechnológiai és Élelmiszertudományi Tanszék – jelenlegi kutatásainak egy-egy szeletét mutatja be. Megismerhetik például a hazai nemesítésű burgonya, dió, paradicsom és fűszerpaprika biológiailag aktív metabolitjait vagy a probiotikus baktériumtörzsek által termelt bakteriocinokat. Izgalmas összeállítást olvashatnak az aromakomponensekről és a polifenolokról. Áttekintést kaphatnak az aminosavak és a biogén aminok sokszínű tulajdonságairól, arról, hogy hogyan befolyásolják az élelmiszerek minőségét és biztonságát. Új ismereteket kaphatnak legfontosabb alapélelmiszerünk, a kenyér alapanyagául szolgáló gabonafajták arabinoxilán-tartalmáról, mely hozzájárulhat egészségünk megőrzéséhez. Szó lesz a peszticid-metabolitok és a maskolt mikotoxinok kimutatásának analitikai kihívásairól.

**Simonné Dr. Sarkadi Livia**  
egyetemi tanár

Simonné Sarkadi Livia<sup>1</sup> – Mednyánszky Zsuzsanna<sup>1</sup> – Toldi Dávid<sup>1</sup>  
– Nagy Gábor Zsolt<sup>1</sup> – Kocsy Gábor<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SZIE ÉTK Élelmiszerkémiai és Táplálkozástudományi Tanszék

<sup>2</sup> MTA ATK Mezőgazdasági Intézet, Növényi Molekuláris Biológia Osztály

# Aminosavak és biogén aminok az élelmiszer-minőség és -biztonság tükrében



### Bevezetés

Az élelmiszer-minőség és -biztonság megítélésében a fehérjéknek, aminosavaknak és származékaiknak, a biogén aminoknak alapvető szerepe van. Mindemellett nagy jelentőségűek számos növényfiziológiai folyamatban is.

Ezeknek a vegyületcsoportoknak a kutatása több évtizedes múltra tekint vissza, de a még napjainkban is növekvő számú

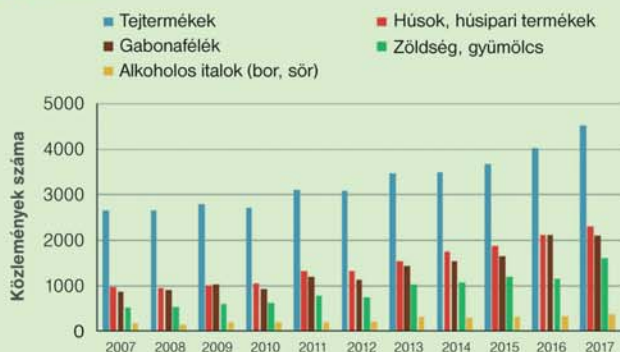
közlemény mutatja a terület kiemelkedő fontosságát az újabb és újabb szempontok, megoldásra váró feladatok megjelenésével.

A Web of Science adatbázis alapján az utóbbi 10 évben megjelent közlemények száma az élelmiszerek aminosavtartalmára vonatkozóan 7962-ről 17 024-re nőtt. A fő vizsgált élelmiszercsoportok a tejtermékek, húsok, húsipari termékek, gabonafélék, zöldségek, gyümölcsök és az alkoholos

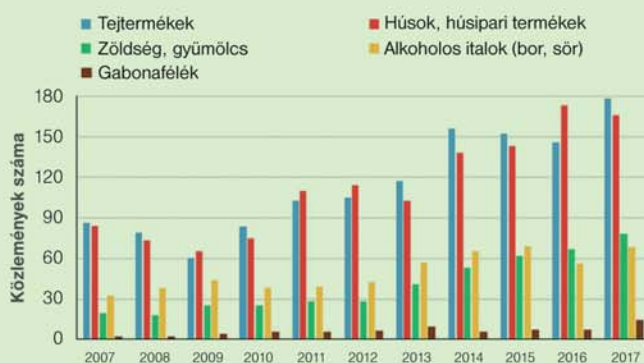
italok (bor, sör) voltak (**1. ábra**). A legtöbb cikk a tejtermékekkel, közülük is a sajtokkal foglalkozott. A biogén aminok esetén az összes közleményszám 311-ről 564-re nőtt; legnagyobb hányadukat szintén a tejtermékek képezik, de sok cikk foglalkozik a húsipari termékek biogénamin-tartalmával, elsősorban az új tartósítási módszerek hatásvizsgálata kapcsán. A jellemző élelmiszercsoportokra vonatkozó adatokat a **2. ábra** mutatja.



## ÉLELMISZER-ALKOTÓK KÉMIÁJA



1. ábra. Az élelmiszerek aminosav-összetételével kapcsolatos közlemények száma



2. ábra. Az élelmiszerek biogénamin-tartalmával kapcsolatos közlemények száma

### Az aminosavak jelentősége az élelmiszer-minősítésben

Az aminosavak az élő szervezetek nélkülözhetetlen biomolekulái. Az élő szervezetekben vagy fehérjékben kötött, vagy szabad formában fordulnak elő.

Több mint ötszázféle természetes aminosav ismert, melyek közül a fehérjék felépítésében mindössze húszféle  $\alpha$ -L-aminosav vesz részt. Közülük 8 esszenciális (valin, leucin, izoleucin, fenilalanin, lizin, triptofán, treonin, metionin). Ezeket az emberi szervezet nem képes előállítani, így a teljes igényt a táplálékkal kell fedezni. A hisztidin és az arginin szemiesszenciális aminosavak: a hisztidin a bélbaktériumok tevékenysége révén termelődik a bélben, míg az arginin az ornitinciklusban folyamatosan képződik, de a fehérje-bioszintézishez szükséges mennyiségüket táplálékkal kell biztosítani.

Mivel egyes fehérjék aminosav-összetétele genetikailag meghatározott, az azonos eredetű élelmiszer-fehérjék aminosav-összetételében nincs nagy változatosság. A különböző eredetű (állati, növényi) fehérjék eltérő aminosav-összetételük alapján különböző tápláléértékek.

Az aminosav-összetétel alapján a fehérjéket teljes értékű (komplett) és nem teljes

értékű (inkomplett) kategóriába sorolhatjuk. A legtöbb állati eredetű fehérje teljes értékű (pl. anyatej, tojás), azaz aminosav-összetétele kielégíti az ember számára szükséges esszenciális aminosav-igényt. Számos növényi fehérje ilyen vonatkozásban nem teljes értékű, például a gabonafehérjék lizintartalma kicsi, a hüvelyes növények kevés metionint tartalmaznak, a kukoricában kevés a triptofán és a lizin. A legkisebb mennyiségben előforduló aminosavakat limitáló aminosavaknak nevezzük.

A fehérjék biológiai értékének meghatározására több módszert dolgoztak ki a 20. század második felében, amelyről számos összefoglaló mű olvasható [1, 2]. A biológiai érték számításának fénykora után némi hanyatlás mutatkozott a módszer kidolgozás és -alkalmazás területén, de a századfordulót követően ismételtelen előtérbe került a táplálékfehérjék ilyen típusú jellemzése. A FAO/WHO által elfogadott módszer alapján a fehérjék biológiai értékét az emészthetőséggel korrigált (protein digestibility-corrected amino acid score, PDCAAS) aminosav adatokkal jellemzik [3].

A szabad aminosavak előfordulása a természetben több százra tehető. Az élelmiszerekben harminc-negyvenféle fordul elő leggyakrabban, és sokkal nagyobb változatosságot mutatnak, mint a fehérjeépítő

aminosavak. A szabad aminosavak mennyisége és minősége jellegzetesen különbözik még az azonos típusú alapanyagok (pl. hús) eltérő fajtái (pl. sertés, marha, juh) esetén is, továbbá az élelmiszer-előállítás, a feldolgozás vagy a tárolás körülményei nagymértékben befolyásolják a termékek végső szabad aminosav-összetételét. A szabad aminosavak jelentősége igen sokrétű, egyrészt a fermentált élelmiszereknél tápanyagforrásként szolgálnak az erjesztő mikroorganizmusok számára, másrészt kiindulási molekulái számos élelmiszer íz- és aromaanyagainak, valamint a biogén aminoknak, nem utolsósorban pedig a minőségi és eredetvizsgálatokban is alapvető fontosságúak.

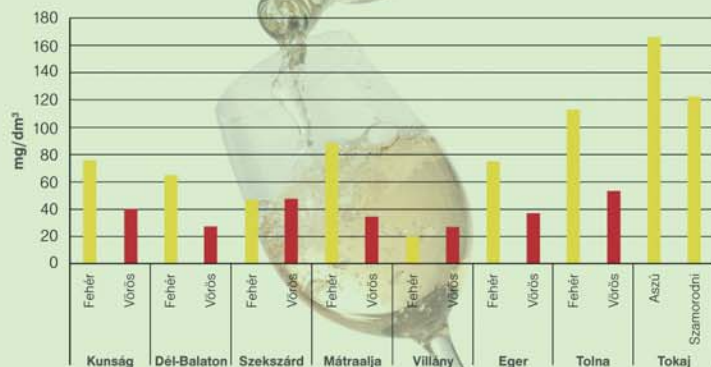
Napjainkban néhány nem fehérjeépítő aminosav, például a GABA ( $\gamma$ -aminovajsav), vizsgálata élelmiszer-minősítési és táplálkozási fiziológiai szempontból egyre nagyobb hangsúlyt kap. A GABA az agy gátló neurotranszmittereként kulcsfontosságú az idegsejtek ingerelhetőségének szabályozásában. A központi idegrendszeri funkcióin túl kimutatható számos perifériás szövetben (emésztőrendszer, hasnyálmirigy, máj, vese stb.). A GABA egészségvédő hatásairól (vérnyomás-csökkentés, krónikus betegségek kezelése, rák kialakulásának lassítása) számos közlemény jelent meg. Emiatt egyre növekvő érdeklődés merült fel mind az élelmiszer-tudomány, mind az élelmiszeripar részéről a megnövelt GABA-tartalmú funkcionális élelmiszerek előállítására [4, 5].

Az utóbbi időben számos közlemény jelent meg a megnövelt GABA-tartalmú élelmiszerekkel kapcsolatban (barna rizs [6], búzaborp [7], szójabab [8], tejsavbaktériumokkal fermentált élelmiszerek [9]).

A Magyarország különböző borvidékeiről származó borok szabad aminosav-összetételét összehasonlítva, különös tekintettel a GABA-tartalomra (3. ábra), megállapítottuk, hogy a magyar vörösborok átlagosan 26–53 mg/dm<sup>3</sup>  $\gamma$ -aminovajsavat tartalmaznak, ami a francia vörösborokban mért értékeknél (10–47 mg/dm<sup>3</sup>) magasabb. A fehérborok (20–112 mg/dm<sup>3</sup>) átlagos GABA-tartalma meghaladja a vörösborokét. A speciális termesztési és feldolgozási technológia következtében a tokaji borok 91–170 mg/dm<sup>3</sup> GABA-tartalma jelentősen nagyobb, ezzel is hozzájárulva a hungarikumnak számító termék egészségére gyakorolt pozitív hatásához [10].

Az L-aminosavakon kívül a többnyire bakteriális eredetű D-aminosavak is előfordulnak a természetben. Ezek az aminosavak főként a baktériumok sejtfalának alkotói.

## ÉLELMISZER-ALKOTÓK KÉMIÁJA



3. ábra. Magyarország különböző borvidégeiről származó borok  $\gamma$ -aminovajsav-tartalma

Az élelmiszerekben való előfordulásukról az analitikai technika fejlődésének köszönhetően egyre bővülnek ismereteink. A D-aminosavak vagy az előállítás folyamán, vagy az élelmiszer mikrobiológiai minőségében bekövetkezett változás során az L-sztereoizomer aminosavakból képződnek racemizációval. Jelenlétük csökkenti az élelmiszer-fehére emészthetőségét és az átalakult aminosav felhasználhatóságát. Elsősorban azon élelmiszerek D-aminosav-tartalma jelentős, amelyek előállítása során hőközlést, lúgos kezelést vagy fermentációt alkalmaztak [11].

A kemény sajtokkal végzett kutatási eredményeink azt mutatták, hogy a szabad aminosav-összetétel és a D/L glutaminsav-, valamint a D/L aszparaginsav-arány jó paramétere a parmezán sajtok minősítésének. Az élelmiszerekben előforduló D-aminosavak mennyisége és minősége nagymértékben függ az előállítás körülményeitől, így alkalmas lehet a minőség mellett az eredet meghatározására is [12].

### A biogén aminok jelentősége élelmiszer-minőségi és -biztonsági szempontból

A biogén aminok az élelmiszerekben vagy természetes alkotóként fordulnak elő, vagy az élelmiszerek előállításánál alkalmazott technológiai műveletek, starter kultúrák, valamint a termékbe kerülő szennyező baktériumok működése révén a jelen lévő szabad aminosavakból keletkezhetnek.

Az élelmiszer-biztonsággal kapcsolatos fontos problémakör a biogén aminok szerepének tisztázása az ételallergia, illetve ételintolerancia kialakulásában. Már Hipokratész (Kr. e. 500) is tett olyan megfigyelést, hogy bizonyos emberek a sajt fogyasztása után megbetegedtek. A későbbiek során a sajtok nagy tiramin-tartalma okozta megbetegedéseket „sajt-zindró-

maként” emlegették. Hasonló módon a nagy hisztamin-tartalmú halak fogyasztása után kialakult mérgezési tüneteket „scombroid mérgezés” elnevezéssel illették.

A biogén aminok vazó- és pszichoaktív hatásuknak köszönhetően nagy mennyiségben a szervezetbe kerülve kedvezőtlen reakciókat (fejfájás, hasmenés, bőrkütiés, vérnyomás-ingadozás stb.) válhatnak ki.

Szignifikáns különbség van a két fő élelmiszertípus, a növényi és állati eredetű élelmiszerek biogénamin-összetétele között. A növényi eredetű élelmiszerek főként putreszcint, spermint és spermidint tartalmaznak, és lényegesen kevesebb hisztamint és tiramint, mint az állati eredetűek. A növényi eredetű élelmiszerek általánosan kisebb veszélyt jelentenek a biogénamin-tartalmukuk miatt, míg az állati eredetű, főként fermentált élelmiszerek azok, amelyeknek biogénamin-tartalma meghaladhatja a határértéket [13].

Az egészséges szervezet számára az aminoxidáz enzimrendszer a DAO (*diamino-oxidáz*) és a MAO (*monoamino-oxidáz*) elegendő védelmet nyújt a mérgezés kialakulása ellen. Abban az esetben, ha ez az enzimrendszer valamilyen okból nem működik kielégítően (genetikusan vagy gyógyszerek által gátolt), akkor kisebb mennyiség is betegség kialakulásához vezethet. A toxikus dózis nagyságának megállapítása azonban nem egyszerű, mivel más-más határértékek érvényesek az aminokra érzékeny és az egészséges személyek esetében. Jelenleg csak a hisztaminra és tiraminra állapítottak meg tolerancia-határértéket. A többi aminra a toxikus dózis nagyságát illetően igen hiányosak az ismeretek.

Az Európai Unió haltermékekre 100–200 mg/kg, fermentált élelmiszerekre 200–400 mg/kg határértéket állapított meg [14]. A hisztamin-tartalomra vonatkozó hazai rendelet [15] 200 mg/kg-ban határozta meg a sajtokban megengedhető mennyiséget

(bizonyos penésszel érlelt sajtok kivételével). Egyéb irodalmi adatok szerint a felső határ hisztaminra 100 mg/kg élelmiszerekben, és 2 mg/dm<sup>3</sup> alkoholos italokban [16]. A tiraminra 100–800 mg/kg és 2-fenil-etil-aminra 30 mg/kg határértéket állapítottak meg [17].

Sajátos tulajdonságuk révén a biogén aminok alkalmasak az élelmiszer-előállítás, feldolgozás és -tárolás élelmiszer-higiéniai és élelmiszer-biztonsági előírásainak közvetett ellenőrzésére is. Mindezek szükségessé teszik a biogén aminok élelmiszer-minőségi szempontból való vizsgálatát.

Az élelmiszerek mikrobiológiai állapota és a biogénamin-tartalma közötti szoros összefüggésre alapozva [18] létrehozták a biogénamin-indexet (BAI) a halak frissességének, illetve romlottsági fokának megállapítására.

$$BAI = (\text{hisztamin} + \text{putreszcint} + \text{kadaverin}) / (1 + \text{spermidin} + \text{spermin}),$$

ahol a koncentrációk mg/kg egységben vannak megadva. Három kategóriát hoztak létre: 0–2 BAI között frissnek, 2–10 BAI között kissé romlottnak, 10 BAI felett romlottnak minősítették a terméket. A kémiai elemzés eredményeit mikrobiológiai és érzékszervi bírálatokkal erősítették meg. A biogénamin-tartalom meghatározása gyors, közvetett jellemző adatot szolgáltat a mikrobiológiai állapotról, a termék minőségéről.

Az egyéb nagy biogénamin-tartalmú élelmiszerek (sajtok, szalámik) kapott tipikus biogénamin-összetétel alapján a fenti indexet módosítani szükséges, többek között fontos a tiramin figyelembevétele is.

A biogén aminokkal kapcsolatos összefoglaló cikkünk [19] e kutatástérület alapvető dokumentumává vált a több mint 700 hivatkozással.

A biogén aminokkal foglalkozó kutatási tématerület jelenlegi fontosságát mutatja az Európai Biztonsági Hivatal (EFSA: European Food Safety Authority) által 2010-ben indított, európai élelmiszerekre vonatkozó adatgyűjtési akció, amelynek célja a határértékek megállapítása és a nemzeti szabályozás kialakítása. Laboratóriumunk közel 3000 adattal járult hozzá az adatbank létrehozásához.

A felmérés feltárta e kérdéskör bonyolultságát az élelmiszertípusok, alkalmazott analitikai módszerek stb. vonatkozásában, így csak általános megállapítások születtek felvázolva a további teendőket a kutatások és a szabályozás terén.

További kutatásokra van szükség az alábbi területeken: i) a toxicitás és a biogéna-



## ÉLELMISZER-ALKOTÓK KÉMIÁJA

min-koncentrációk közötti összefüggés megállapítása a különböző élelmiszerekben; ii) a biogénamin-képződés vizsgálata a fermentált élelmiszerekben az előállítási folyamat során; iii) technológiai higiéniai és/vagy élelmiszer-biztonsági kritériumok megállapítása; valamint iv) az analitikai módszerek validálása, beleértve a szabványosítást és az eljárások harmonizációját valamennyi érintett élelmiszerfajta vonatkozásában [20].

Új kutatási irányként az élelmiszerek biogénamin-tartalmának csökkentése foglalmazódott meg, amely új élelmiszeripari technológiák kialakítására is lehetőséget ad a közeljövőben.

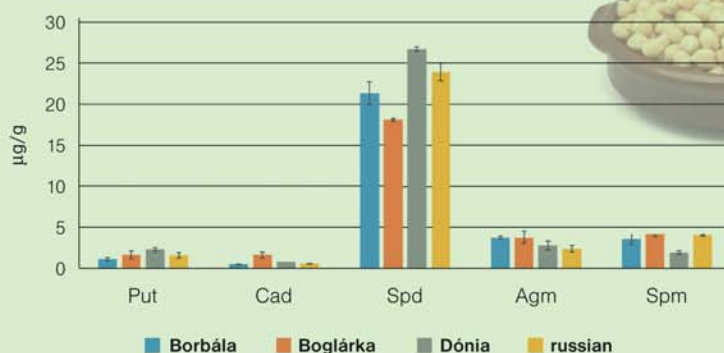
### Élelmiszerek biogénamin-tartalmának csökkentése

Az utóbbi időben számos kísérlet történt mind az élelmiszer-tudomány, mind az élelmiszeripar területén az élelmiszerek biogénamin-tartalmának csökkentése érdekében. Ezek közül igen hatékonyak ígérkeznek az amin-negatív starterkultúrák [21, 22] vagy a probiotikus baktériumtörzsek és a starterkultúrák együttes alkalmazása [23, 24], vagy a kis dózisú gamma-sugárzás alkalmazása [25, 26].

Az élelmiszerek nagy hidrosztatikai nyomású kezelésével (HHP) is számos kutatás foglalkozik. Latorre-Moratalla et al. [27] megállapították, hogy 200 MPa (10 min) alkalmazása visszaszorította a romlásindikátor putreszcint (Put) és kadaverint (Cad) termelődést a húsokban, míg a spermidin, spermin (Spm) és tiramin (Tym) képződését nem befolyásolta.

Saját kutatásaink is megerősítették, hogy a szárazkolbászokban az 500 MPa (10 min) kezelés csökkentette a Put és Cad képződését, míg a Tym és Spm képződést serkentette 28 napos tárolás során (+8 °C) [28].

A HHP-kezelés (500 MPa, 10 min) és a szelektált starterkultúra (*Lactobacillus curvatus* 2770) hatását vizsgálva a félkemény sajtok biogénamin- és szabad aminosav-tartalmának változására tárolás során (5 hét, 13 °C) megállapítottuk, hogy az 5 hetes tárolás alatt a kontroll sajtminék szabad aminosav-tartalma nőtt mind a szelektált baktériumtörzsszel (*L. curvatus*: 648–2428 µg/g), mind a gyári starterkultúrával (Choozit 624–1431 µg/g) beoltott sajtok esetében. A fő szabad aminosav az *L. curvatus* 2770 törzsszel beoltott sajtokban a Glu, Orn, Lys, Leu és GABA, míg a Choozit starterkultúrával beoltott sajtokban a Leu, GABA, Phe, Orn, Gln, Asn és Lys volt. A HHP-kezelés csökkentette a saj-



4. ábra. Csicszeriborsó-fajták biogénamin-tartalma

tok szabad aminosav-tartalmát a kontrollmintákhoz képest (*L. curvatus* 40%-kal; Choozit 29%-kal), de a tárolás során mennyiségük növekedést mutatott.

A kontroll sajtminék biogénamin-tartalma nőtt a tárolás során (*L. curvatus*: 25–40 µg/g; Choozit: 3–140 µg/g). A HHP-kezelés hatására csökkent a biogénamin-tartalom az *L. curvatus* (70%-kal) és a Choozit (33%-kal) starterkultúrákkal készített sajtokban. A fő biogén amin az *L. curvatus* törzsszel készített sajtokban a kadaverin (45%) és a putreszcint (38%), míg a Choozit esetében a tiramin (68%) és a hisztamin (15%) volt [29].

A sajtok biogénamin-tartalmának csökkentésére irányuló, probiotikus törzsek (*Lactobacillus fermentum*, *paracasei* és *curvatus*) alkalmazásával folytatott további kutatásaink, az előző kísérletsorozathoz hasonlóan, kedvező eredményt szolgáltattak [30].

A biogén aminok élelmiszer-minősítés és élelmiszer-biztonsággal összefüggő jelentőségét bizonyítandó folyamatosan jelennek meg összefoglaló közlemények [31, 32, 33].

Az élelmiszer-minőséggel és élelmiszer-biztonsággal összefüggő kutatásainkat kiterjesztettük a hüvelyesek szisztematikus vizsgálatára. Az ENSZ Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) a 2016-os évet a Hüvelyes Termények Nemzetközi Évnek nyilvánította, hangsúlyozva a növény-csoport sokféleségét, értékeit, pozitív hatásait. A hüvelyesek egyik legfontosabb táplálkozás-életteni jelentősége, hogy értékes növényi fehérjeforrások. Fehérjetartalmuk 17–30% közötti, mely a gabonafélékben mérhető mennyiségnél lényegesen nagyobb. Nagy Gábor Zsolt a hüvelyesek népszerűsítésére, PhD-kutatómunkájához kapcsolódva, elkészített egy honlapot ([www.huvelyesek2016.hu](http://www.huvelyesek2016.hu)), ami nagy népszerűségnek örvend. Az eddigi eredményeink azt mutatták, hogy a hazai csicszeriborsó-

fajták esszenciális aminosav-tartalma minden esetben meghaladta a 40%-ot. A biogén aminok közül a kedvező hatású spermidin fordult elő legnagyobb mennyiségben (4. ábra) [34].

### A szabad aminosavak és biogén aminok jelentősége a növények környezeti stressztűrésében

A növényi stressztűrővel kapcsolatos kutatásainkat az MTA ATK Mezőgazdasági Intézetének (Martonvásár) munkatársaival kialakított, közel 30 éves együttműködés keretében műveljük.

A mezőgazdasági termelés szempontjából értékes növényfajok környezeti stressztűrésének kutatása a Földünkön bekövetkező szélsőséges időjárás-változások miatt mind tudományos, mind gazdasági szempontból igen fontos. A stressztűrőbb fajták előállítása érdekében szükséges megismerni azokat az alapvető összefüggéseket és kölcsönhatásokat, amelyek a környezeti stressz és a növény anyagcseréje között fennállnak. E bonyolult folyamatban alapvető szerepet töltenek be a kis molekulatömegű komponensek (aminosavak, biogén aminok), amelyeket a növényi sejtek a stresszhatásokkal szembeni védekezés során halmoznak fel, részben a vízvisszatartás, részben a membránstabilitás erősítése és az örökítő anyag védelme érdekében.

A fő táplálékforrásnak tekinthető gabonaféle, a búza sokoldalú felhasználása megköveteli a jó beltartalmi minőségű, megfelelő termésmennyiségű és a környezeti stresszhatásoknak ellenálló fajták nemesítését.

A különböző abiotikus stresszhatások egyik fontos következménye az oxidatív stressz, melynek káros hatásait az antioxidánsok védik ki. A redoxrendszer szabad aminosavakra kifejtett feltételezett szabályozó hatását különböző fényviszonyok (melyek kihatnak a reaktív oxigénformák

## ÉLELMISZER-ALKOTÓK KÉMIÁJA



mennyiségére) közt nevelt búzában, és az antioxidánsokra hiányos lúdfű növényekben tanulmányoztuk. Az eltérő stressztűrő búzagenotípusok összehasonlításával megállapítottuk, hogy mely aminosavak és poliaminok stressz által előidézett koncentrációváltozásai függhetnek össze a stressztűrés mértékével.

Búzában a fényintenzitásnak és spektrális összetételének (kék, vörös és távoli vörös komponensek aránya) az antioxidáns glutationra és a szabad aminosavak mennyiségére kifejtett hatását vizsgálva megállapítottuk, hogy a fényviszonyok ezeket a paramétereket jelentősen befolyásolják [35].

Vad típusú lúdfű és két antioxidánsra, az aszkorbinsavra és a glutationra hiányos vonalak összehasonlításával további bizonyítékokat nyertünk arra, hogy a redoxrendszerben bekövetkező változások módosítják a szabad aminosavak mennyiségét és arányát [36]. Ezt az eredményt megerősítette, hogy a növények redukáló- és oxidálószerekkel történő kezelése is hasonló eredményre vezetett. A legtöbb kezelés növelte a stresszválaszban fontos Pro mennyiségét a Pro szintézisében részt vevő enzimek génjeinek aktiválása révén.

Mivel a búza 5A kromoszómája fontos szerepet játszik a különböző abiotikus stresszhatásokkal szembeni védekezésben, tanulmányoztuk, hogy ez a kromoszóma befolyásolja-e a szabad aminosavak és poliaminok szintjének módosulását az abiotikus stressz során. A kromoszóma hatását a szabad aminosavak és a poliaminok szintjére a hideg, az ozmotikus stressz és az abszcizinsav-kezelés (stresszválaszt szabályozó növényi hormon) során 5A kromoszóma szubsztitúciós vonalakban vizsgáltuk. A mérsékelt fagyérzékeny Chinese Spring fajtát hasonlítottuk össze egy érzékenyebb és egy toleráns vonallal. Hideg hatására a legtöbb szabad aminosav mennyisége nőtt, azonban csak a Pro koncentrációjának változása mutatott összefüggést a fagyűrés mértékével [37]. Az 5A kromoszóma hosszú karjának a szabad aminosavak és a poliaminok stresszindukálta változásait befolyásoló régióját deléciós vonalak összehasonlításával határoztuk meg [38]. A szabad aminosavak közül a Glu mennyisége nagyobb lett a deléciós vonalakban, és a deléción befolyásolta a Pro, Arg, Val és Lys koncentrációját is. A sóstresszt követően a putreszin és a spermidin mennyisége kisebb lett a deléciós vonalakban a Chinese Spring fajtaéhoz viszonyítva.

A szabad aminosavak mennyiségére egy fontos jelátvivő molekula, az NO is hatás-

sal van, ahogy ezt kukoricában ki tudtuk mutatni [39]. Az NO-kezelés tovább fokozta a Pro, Ile, Lys és Val mennyiségének sóstressz által előidézett növekedését. A Pro ozmotikumként játszik fontos szerepet a nagy mennyiségű NaCl káros hatásainak kivédésében, és e folyamat szabályozásában az NO is részt vesz. Mivel az NO befolyásolta a sóstressz során a Lys mennyiségét a kukoricában, a várakozásnak megfelelően a belőle képződő kadaverin koncentrációja is nagyobb lett [40].

A növényi stresszválasz kutatása során kapott legjelentősebb megállapításunk, hogy összefüggés van a stressztűrés mértéke és egyes szabad aminosavak és poliaminok mennyiségének stressz által előidézett változásai közt. Eredményeink jelzik a fény, a redoxrendszer és a jelátvivő NO szabad aminosavakra kifejtett lehetséges szabályozó hatását.

## Összefoglalás

Az egészség és a helyes táplálkozás közötti összefüggés felismerése egyre inkább közismertté válik mind a tudomány művelői, mind a fogyasztók körében. A fogyasztói kereslet a jó minőségű és egészségesebb élelmiszerek iránt egyre általánosabb. Annak érdekében, hogy az élelmiszer-minőség és élelmiszer-biztonság az egész élelmiszerellátási láncban megtartható legyen, további kutatások szükségesek és jobb együttműködés az ipar és a tudományos műhelyek között.

Ami a jövőbeni aminosavakkal és biogén aminosavakkal kapcsolatos kutatásokat illeti, még mindig sok a kihívás az élelmiszer-tudomány és a növényfiziológia területén.

**Köszönetnyilvánítás.** A kísérleteket a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (ANN117949, TÉT\_15\_IN-1-2016-0028, EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00005 azonosítójú pályázatok) támogatta.

## IRODALOM

- [1] Hegedűs, M., Kralovszky, U.P., Mátrai, T. (szerk.) in: A takarmányfehérjék minősítése Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1981.
- [2] Lásztity, R., Hidvégi, M. eds., Amino acid composition and biological value of cereal proteins. D. Reidel, Publ. Co., Dordrecht, Boston, Lancaster, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1985.
- [3] G. Schaafsma, J. Nutrition (2000) 130(7), 1865S–1867S.
- [4] R. Coda, C.G. Rizzello, M. Gobetti, Int. J. Food Microbiol. (2010), 137, 236–245.
- [5] M. Diana, J. Quilez, M. Rafecas, J. Funct Foods (2014), 10, 407–420.
- [6] P. Janney, H. Niamsup, S. Lumyong, T. Suzuki, T. Katayama, G. Chairate, World J Microbiol Biotechnol (2010), 26, 257–263.
- [7] K. B. Park, S. H. Oh, Bioresour Technol. (2007), 98, 312–319.
- [8] Y. S. Youn, J. K. Park, H. D. Jang, Y. W. Rhee, Food Chem. (2011) 129, 1631–1635.
- [9] H. Zbakh, A. El Abbassi, J. Funct Foods (2012) 4, 53–65.

- [10] Zs. Mednyánszky, D. Toldi, L. Simon-Sarkadi, In: EuroFoodChem XIX Conference, October 4–6, 2017, Budapest, Hungary. Book of Abstracts, 2017, 214. (ISBN 978-963-9970-79-3)
- [11] L. Simon-Sarkadi, In: Progress in Biological Chirality, (Pályi, G., Zucchi, C., Caglioti, L. eds), Elsevier, Oxford (GB), 2004, 339–353.
- [12] E. Bellesia, A. Pinetti, L. Simon-Sarkadi, C. Zucchi, J. Csapó, B. Weimer, L. Caglioti, Gy. Pályi. In Advances in Asymmetric Autocatalysis and Related Topics (Gy Pályi, R. Kurdi, C. Zucchi, eds.) Elsevier Academic Press, 2017, 357–367.
- [13] L. Simon-Sarkadi. In: Process-Induced Food Toxicants. Occurrence, Formation, Mitigation, and Health Risks (R. H. Stadler, R. David, eds), Wiley, USA, 2009, 321–361.
- [14] European Council Directive 1991. 91/493/EEC
- [15] EüM rendelet 17/1999 (VI. 16.)
- [16] B. ten Brink, C. Damink, H. Joosten, J. Tveld. Int. J Food Microbiol. (1990) 11, 73–84.
- [17] J. E. Stratton, R. W. Hutkins, S. L. Taylor. J Food Prot. (1991) 54, 460–470.
- [18] J. L. Mietz, E. Karmas, J. Food Sci. (1977) 42, 155–158.
- [19] A. Halasz, A. Barath, L. Simon-Sarkadi, W. Holzapfel. Trends Food Sci Technol. (1994) 5, 42–49.
- [20] European Food Safety Authority (EFSA). J. (2011) 9, 2393.
- [21] M. Fernandez, D. M. Linares, A. Rodriguez, M. A. Alvarez. Appl Microbiol Biotechnol. (2007) 73, 1400–1406.
- [22] R. Casquete, M. J. Benito, A. Martin, S. Ruiz-Moyaño, A. Hernandez, M. G. Cordoba, LWT-Food Sci Technol. (2011) 44, 1562–1571.
- [23] M. L. Latorre-Moratalla, S. Bover-Cid, R. Talon, M. Garriga, E. Zanardi, A. Ianieri, M. J. Fraqueza, M. Elias, E. H. Drosinos, M. C. Vidal-Carou, LWT-Food Sci Technol. (2010) 43, 20–25.
- [24] C. Xie, H. H. Wang, X. K. Nie, L. Chen, S. L. Deng, X. L. Xu, CyTA, J Food. (2015) 13, 491–497.
- [25] R. Mendes, H. A. Silva, M. L. Nunes, J. M. A. Empis, Eur Food Res Technol. (2005) 221, 329–335.
- [26] J. S. Min, S. O. Lee, A. Jang, C. Jo, M. Lee, Food Chem. (2007) 104, 791–799.
- [27] M. L. Latorre-Moratalla, S. Bover-Cid, T. Aymerich, B. Marcos, M. C. Vidal-Carou, M. Garriga, Meat Science (2007) 75, 460–469.
- [28] L. Simon-Sarkadi, K. Pásztor-Huszár, I. Dalmadi, G. Kiskó, Food Res Int. (2012) 47, 380–384.
- [29] E. Korompai, L. Simon-Sarkadi, Zs. Mednyánszky, K. Pásztor-Huszár, In: Book of Proceedings Food Science Conference 2013 – With research for the success of Darányi Program, Budapest, Hungary, 2013, 336–339. (ISBN 978-963-503-550-2)
- [30] P. Simon, K. Pásztor-Huszár, I. Dalmadi, G. Kiskó, G. L. Simon-Sarkadi, Studia UBB Chemia (2013) LVIII, 3, 43–48.
- [31] P. Kalac, Food Chem. (2014) 161, 27–39.
- [32] M. A. Alvarez, M. V. Moreno-Arribas. Trends Food Sci. Technol. (2014) 39, 146–155.
- [33] L. Simon-Sarkadi, In: Fermented Foods in Health and Disease Prevention (J. Frias, C. Martinez-Villalunga, E. Peñas eds.) Elsevier Academic Press, 2017, 625–651.
- [34] G. Zs Nagy, Zs. Mednyánszky, L. Simon-Sarkadi, In: EuroFoodChem XIX Conference, October 4–6, 2017, Budapest, Hungary, Book of Abstracts, 2017. (ISBN 978-963-9970-79-3)
- [35] I. Monostori, M. Heilmann, G. Kocsy, M. Rakszegi, M. Ahres, S.H. Altenbach, G. Szalai, M. Pál, D. Toldi, L. Simon-Sarkadi, N. Harnos, G. Galiba, É. Darkó, Front Plant Sci. (2018) 9:605. doi: 10.3389/fpls.2018.00605
- [36] Z. Gulyás, L. Simon-Sarkadi, E. Badics, A. Novák, Z. Mednyánszky, G. Szalai, G. Galiba, G. Kocsy, Physiol Plant. (2017) 159(3), 264–276. doi:10.1111/pp.12510
- [37] Z. Kovács, L. Simon-Sarkadi, Cs. Sovány, K. Kirsch, G. Galiba, G. Kocsy, Plant Sci. (2011) 180, 61–68.
- [38] L. Simon-Sarkadi, G. Kocsy, Z. Sebestyén, G. Galiba, Environ Exper Bot. (2007) 60, 193–201.
- [39] Á. Boldizsár, L. Simon-Sarkadi, K. Szirtes, A. Soltész, G. Szalai, M. Keyser, N. Ludidi, G. Galiba, G. Kocsy, J Plant Physiol. (2013) 170, 1020–1027.
- [40] L. Simon-Sarkadi, N. Ludidi, G. Kocsy, Plant Sign Behav. (2014) 9, e27598.

## Simon Dr. Sarkadi Livia, a Magyar Kémikusok Egyesületének elnöke



A Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán 1980-ban szerzett okleveles vegyészmérnöki diplomát. A BME Biokémiai és Élelmiszertechnológiai Tanszékén végzett kutatómunkája során elért tudományos eredményei alapján 1986-ban védte meg műszaki doktori értekezését. 1991-ben kémiai tudományok kandidátusa (CSc) fokozatot szerzett. 1999-ben a BME Vegyészmérnöki Karán habilitált. 2000–2003 között Széchenyi professzori ösztöndíjjal részesült. 2010-ben szerezte meg az MTA doktori címet (DSc). 2012-től a Budapesti

Corvinus Egyetem Élelmiszer-tudományi Karán, az Élelmiszer-kémiai és Táplálkozástudományi Tanszék tanszékvezető egyetemi tanáraként folytatta pályafutását. Az egyetemi átszervezések következtében a Kar 2016-tól a Szent István Egyetemhez került, ahol 2018–2020 között a nemzetközi és külügyekkel foglalkozó rektorhelyettesi feladatokat látta el. 2019 óta az Élelmiszer-tudományi Doktori Iskola vezetője. 2021-től az újonnan alakult Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszer-tudományi és Technológiai Intézet Táplálkozástudományi Tanszékének egyetemi tanára.

Kutatási területe az élelmiszerek minősítése biológiailag aktív összetevőik (aminosavak, biogén aminok) tartalma alapján. Ezek a vegyületek meghatározó szerepet játszanak a fehérjében gazdag élelmiszerek (húsok, halak, sajtok) minőségének és biztonságának megállapításában. A Magyar Kémikusok Lapja 73. évfolyamának évfolyam 11. számában megjelent „Aminosavak és biogén aminok az élelmiszer-minőség és -biztonság tükrében” című közleményben részletes képet kaphatunk a fenti vegyületcsoportok alapvető táplálkozás-élettani szerepéről, különösen az egyes embereknél a túlzott fogyasztás következtében szelektíven tapasztalt mérgező hatásokról. Az élelmiszerek biogénamin-koncentrációjának csökkentése érdekében több fontos kísérlet eredményéről számolnak be; például a boroknál a starter kultúrákkal (az erjesztést beindító élesztőgomba-tenyészetekkel), valamint ezekkel és probiotikus baktériumtörzsekkel együttes alkalmazásban a gyakorlat számára ígéretes kezelés valósítható meg. A közleményben szerepel, hogy az MTA Agrártudományi Központ Mezőgazdasági Intézetének Növényi Molekuláris Biológiai Osztálya munkatársaival több éve kutatási együttműködésben vizsgálják a fenti vegyületek jelentőségét számos növényfiziológiai folyamatban, így a haszonnövények stressztűrésében. A közös kutatás eredményei közül kiemelhető, hogy a búzában tartós hideg hatására megnövekszik a legtöbb szabad aminosav, de különösen az ozmotikus prolin koncentrációja. Hasonló eredményről számolnak be kukoricánál, ahol a nagy mennyiségű só (NaCl) hatására megnőtt ozmotikus prolin szint fontos szerepet játszik a sóstressz kivédésében.

Simon Dr. Sarkadi Livia a Magyar Kémikusok Egyesületének 1988 óta tagja, 2011-től elnöke. Kezdetben az agrár- és élelmiszer-analitikai szakcsoport munkájában vett részt, majd 2007 és 2011 között az MKE Nemzetközi Bizottságának tagjaként dolgozott. Elnöksége alatt tovább erősödött a hazai és nemzetközi szervezetekkel való kapcsolattartás, tudományos együttműködés. Ismereteim szerint legalább 20 magyar és nemzetközi konferencia tudományos szervezőbizottságának volt tagja, melyeket a MKE közreműködésével szervezett, valamint ezek közül többnek elnöki tisztségét is betöltötte. Elsősorban az élelmiszer-témájú tudományos rendezvényekben vállalt vezető tisztségeket, de a kor követelményeinek megfelelően támogatta és személyes részvételével is segítette a környezetvédelmi analitikai és technológiai konferenciák 2007 és 2017 évek közötti sorozatos megtartását is.

Számos hazai és nemzetközi szervezet tagja, vezető tisztségviselője, az MTA Élelmiszerfehérje-kémiai munkabizottság elnöke volt. Az 1996 és 2018 közötti években, majd több ciklusban betöltött sikeres munkája révén az MTA Élelmiszer-tudományi Bizottság elnökévé választották, melynek feladatát ma is ellátja, valamint választás alapján az MTA nem akadémikus közgyűlési képviselője (2013–2019). Az Európai Kémikus Egyesületek Szervezetében (EuChemS), az Élelmiszer-kémia Divízióban (Food Chemistry Division) 1996-tól az MKE nemzeti képviselője, 2005–2008-ban titkár, majd társelnök, 2009 és 2014 között elnöki tisztséget töltött be, 2014-től a EuChemS Igazgatótanácsának (Executive Board) választott tagja.

A világ egyik legnagyobb kémikus szervezete, az IUPAC 2011-ben, a Kémia Nemzetközi Évében, a női kémikusok és vegyészmérnökök munkájának elismerésére díjat alapított. 2015-ben a nemzetközileg kiválasztott 12 jelölt között volt Simon Dr. Sarkadi Livia. A rangos elismerésről az MKL 2015. július–augusztusi számában fényképes köszöntés jelent meg. Ezt követően Kiss Tamás főszerkesztő az MKL 2016. májusi számában hosszabb beszélgetést folytatott a kitüntetettel, az MKE elnökével. 2015-ben másik nemzetközi díjat is kapott professzor asszony. A Román Kémikusok Egyesülete Constantin Istrati Medal odaítélésével ismerte el a szakmai együttműködésben kifejtett eredményes munkáját. 2017-ben a Magyar Táplálkozástudományi Társaság Tangl Ferenc Emlékéremmel jutalmazta kiemelkedő szakmai tevékenységét. 2019-ben a EuChemS Food Chemistry Division Czedik–Eysenberg Lecturer elismerésben részesítette.

**Biacs Péter**

az MKL Szerkesztőbizottságának tagja





Kisfaludi Andrea–Karas Livia

■ Szentendrei II. Rákóczi Ferenc Általános Iskola és Gimnázium | kisfaludi.andrea@sziirfig.hu

■ ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Kar | livia.karas@gmail.com

# Hogyan boldogulnak a diákok a hétköznapi kémiai problémáinak megoldásában?

„Minek tanulunk kémiát? Úgysem lesz rá szükségünk” – hangzik el egyre gyakrabban a diákok és mostanság már a szülők részéről is. Kisfaludi Andrea kutatótanári programja első szakaszában azt vizsgálta meg, hogy a kémiai tanulmányaikat már elvégzett diákok rendelkeznek-e olyan ismeretekkel, készségekkel, amelyek biztosítják számukra az eligazodást a hétköznapi kémiai problémáiban és képesek-e a megszerzett ismereteiket az adott probléma megoldására alkalmazni. Karas Livia a vizsgálat eredményeinek statisztikai elemzését készítette el.

## A kutatási téma időszerűsége, indokoltsága

A kutatási terv ötlete a kémia tantárgy általános iskolai és gimnáziumi szintű tanítása során szerzett saját tapasztalatok, a kolégáktól kapott visszajelzések alapján fogalmazódott meg bennünk. Ugyanerre mutattak a természettudományos oktatás nemzetközi vizsgálatai, például a 2006-ban és 2015-ben lezajlott PISA- (Programme for International Student Assessment) mérések, amelyek – a PISA-mérések közül mélyebben – vizsgálják a diákok természettudományos kompetenciáját [1, 2], valamint a TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), a 2015-ben, 57 ország negyedik és nyolcadikos diákjai részvételével készített felmérés, különösen a nyolcadikos osztályos diákok természettudományos tudásának méréséről készült jelentés [3]. Ezek a tapasztalatok, mérések azt a megállapítást támasztják alá, hogy a diákok az elsajátított ismeretek, törvényszerűségek, elméleti összefüggések ellenére nem igazodnak el a hétköznapi élet kémiai problémáiban, nem képesek a megszerzett tudásukat alkalmazni, tudásuk elmarad a korszerű és elvárt természettudományos műveltség, a tudásalapú társadalomban igényelt versenyképes tudás szintjétől.

Kíváncsiak voltunk, hogy ezeket a megállapításokat mérésrel is alá tudjuk-e támasztani, valamint változik-e ez a megállapítás az életkor, így a kémiai tanulmányokban való előrehaladás függvényében, befolyásolja-e, hogy milyen iskolatípusba jár a diák vagy mennyire függ mindez attól, hogy városban, községben lakik-e.

## A mérés helye, eszköze és a mérésben részt vevő diákok

A korosztályok közül az általános iskola nyolcadik, a gimnázium tizedik, valamint a szakközépiskola kilencedik évfolyamát vá-

lasztottam, mivel a diákok többsége számára ezek a végpontjai a kémia tanulásának.

A 2017/18-as iskolaévben a következő iskolák, osztályok vettek részt a vizsgálatban: Pomázi Mátyás Király Általános Iskola 8.A, 8.B osztály, Szentendrei II. Rákóczi Ferenc Általános Iskola és Gimnázium 8.A, 8.B, 10.A, 10.B, a Szentendrei Petzelt József Szakgimnázium és Szakiskola 9. szakács, cukrász, karosszérialakatos és bolti eladó, a szigetmonostori Zöldsziget Körzeti Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola 8.A és 8.B osztálya.

A méréshez egy 40 egyszerű választást tartalmazó kérdőívet használtunk, amelyet annak alapján állítottunk össze, hogy a diákok környezetében, mindennapi cselekvéseiben milyen kémiai problémákkal szembesülhetnek. Így kerültek a tesztbe az élelmiszerek összetételével, az egészségre való hatásával, a ruházat anyagösszetételével, egyes, a diákok környezetében zajló folyamatokkal, például a rozsdásodással, avasodással, erjesztéssel, valamint a folyamatok energiavonzatával, például a fűtésszámlával, fogykúrával kapcsolatos kérdések. Szerepeltek közöttük a mindennapi életben előforduló kémiai fogalmak ismeretét firtató kérdések – például szuszpenzió, micella, élőflóra, pH –, anyagsismereti ismereteket firtató kérdések, például poliszter, cement, olajfésések stb.

## A mérés eredményeinek feldolgozása és értékelése

Az eredményeket az alábbi szempontok szerint elemeztük:

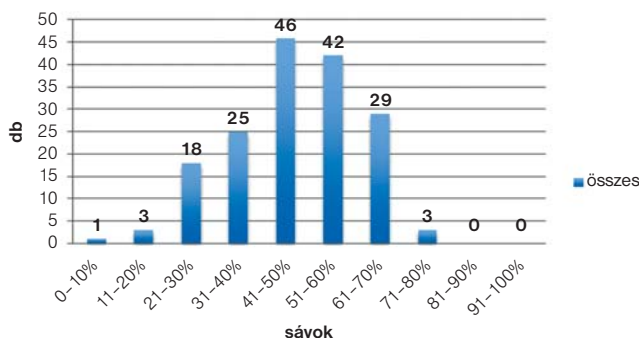
- A diákok összteljesítménye, legjobb, legrosszabb teljesítmény, eloszlás.
- Adott korcsoport összteljesítményének összehasonlítása, lakóhely és szociális háttér szerint.
- Melyek voltak a diákok által a legjobban, illetve legrosszabbul megoldott kérdések?
- Van-e különbség az egyes kérdések megoldásában a diákok életkora, iskolatípusa szerint?
- Van-e különbség a lányok és a fiúk teljesítménye között a kérdőív megoldásában?

A mérési eredményeket összehasonlítottuk a PISA-mérés eredményeivel, hogy megvizsgáljuk, méréseink megállapításai összhangban vannak-e a PISA-mérés megállapításaival, egyszersmind igazoljuk méréseink megállapításainak helytállóságát.



### A diákok összteljesítménye, legjobb, legrosszabb teljesítmény, eloszlás

A diákok összteljesítményét mutatja az **1. ábra**. A vizsgálatban 167 diák vett részt. A megírt tesztek közül a legjobb eredmény 78% volt, amelyet egyetlen diák ért el, ez 0,6%. Egy iskola kivételével mindegyik iskolában volt 70% feletti teljesítményt elért diák. Sajnos, a diákok 28%-a csak 40% alatti teljesítményt ért el. A



1. ábra. Összteljesítmény sávonként (2018), N=167

leggyengébb eredményt elérő diák teljesítménye 10% volt, ez a diákok 0,6%-a. A grafikon eloszlása normális eloszlásúnak tűnik, a diákok kb. felének (52%) a teljesítménye 40–60% között van. (A Kolmogorov–Szmirnov- ( $p = 0,047$ ) és a Shapiro–Wilk- ( $p = 0,035$ ) próbák alapján az eloszlás nem normális, míg a csúcsosság- és ferdeségmutatók alapján elfogadható tartományba esik.) A jól teljesítő diákok aránya – 70% felett – a diákok számának 1,8%-a. Ez az összteljesítmény a százalékok tekintetében gyenge közepesnek tekinthető. Összehasonlításképpen: egyik, nem kémia szakos kollégám 78%-os, a másik kollégám 83%-os eredményt ért el.

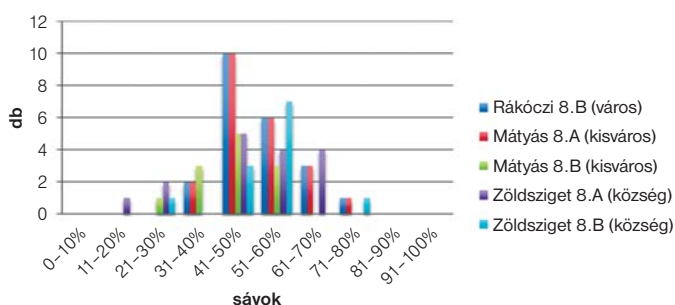
A PISA 2006-os és 2015-ös mérései szerint [1, 2] a magyar diákok átlageredményei az OECD-átlag alatt, a közepes sávban találhatók. A 2015-ös eredmények rosszabbak a 2006. éviéknél. Magyarország eredményei „a 35 OECD-tagország rangsorában a 27–29., a mérésben részt vett 70 ország között pedig a 34–39. legjobb eredmény” [2, 24.].

### Adott korcsoport összteljesítményének összehasonlítása, lakóhely, szociális háttér szerint

A különféle településfajták közül mindegyikéből származó diákok soraiból a legtöbben a nyolcadikosok vettek részt a vizsgálatban (80 fő). Az ő teljesítményük összehasonlításából (**2. ábra**) képet kaphatunk arról, hogyan befolyásolja a diákok teljesítményét, hogy hol élnek, milyen településen levő iskolába járnak, milyen a szociális háttérük.

Ha alaposabban elemezzük a diagramot (**2. ábra**), illetve áttekintjük a leíró statisztikákat (**3. ábra**), látható, hogy a II. Rá-

2. ábra. Nyolcadikosok összteljesítménye sávonként és településenként



3. ábra. Nyolcadikosok összteljesítményének mutatói településenként

| település | elemszám (N) | összpont átlag | összpont szórás | összpont minimum | összpont maximum |
|-----------|--------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|
| város     | 22           | 20,3182        | 3,83451         | 14               | 29               |
| kisváros  | 30           | 19,4667        | 5,54439         | 9                | 28               |
| község    | 28           | 20,4643        | 5,67308         | 7                | 31               |

kóczi Ferenc Általános Iskola és a Mátyás Király Általános Iskola esetében a diákok eredménye kisebb szórást mutat (városi diákok: 3,83, kisvárosiak: 5,54), az eredmény homogénebb, a pontszámok terjedelme kisebb (város: 15, kisváros: 19), míg a Zöldsziget Általános Iskola esetében a szórás értéke nagyobb (5,67), a pontszámok terjedelme szintén jelentősen nagyobb (24).

Miután a felmérésben részt vevő általános iskolák mindegyikében – ezen túlmenően Pomázon a Német Nemzetiségi Iskolában is – tanítottam (KA), így közvetlenül tapasztalatot szerezhettem a diákok szociális, gazdasági, kulturális háttéréről. Ezek ismertetése azt valószínűsíti, hogy a nagyobb szórás abból a tényből adódhat, hogy Pomázon és Szentendrén több általános iskola van, amelyek között a diákok beiskolázását tekintve különbség alakult ki a diákok szociális, gazdasági, kulturális háttérére szerint. Szigetmonostoron a Zöldsziget Általános Iskola az egyetlen iskola, ezért a településről vegyesebb háttérű diákok járnak, ami megmutatkozik az eredményekben.

Megvizsgálva a településenkénti helyes válaszok arányát, megállapítható, hogy nem található lényeges különbség lakóhely és szociális háttér szerint (városi – Szentendre: 15, kivárosi – Pomáz: 11, községi – Szigetmonostor: 14 helyes válasz).

A PISA-mérésekben [2] a diákok szocioökonómiai státuszának és a természettudományos mérésben való teljesítménye összefüggésének meghatározásához az ún. ESCS-indexet (Index of Economic Social and Cultural Status) használták, amely az anya





vagy az apa foglalkozási státusza, a legmagasabb iskolai végzettsége, az otthoni könyvek száma, a diák otthoni tanulási és kulturális körülményeinek összesítéséből képeztek. A magyar diákok ESCS-indexe az OECD-országok átlaga alatt van. Ugyanakkor a mérés szerint a magyar diákok természettudományos teljesítménye valamivel jobb, mint szociális háttérük szerint várhatnánk. A PISA 2015 felmérésből az is kiderül, hogy Magyarországon a ESCS-index szórása átlag feletti [2]. Az összefüggés a szociális háttér és a természettudományos teljesítmények között Magyarországon az európai országok közül a legnagyobb, vagyis nálunk az „átlagosnál kisebb arányban találunk olyan tanulókat, akik előnytelen családi-otthoni háttérük ellenére jó eredményt érnek el” [2, 74].

A szociális helyzet és a teljesítmény kapcsolatára vonatkozó megállapítások megegyeznek a PISA 2018-as [4] és a 2015-ös [2] felmérésében, amelyhez hasonló eredményt tapasztaltunk saját kutatásainkban is.

### **Mely kérdéseket választották meg a legjobban a diákok?**

Az egyes kérdésekre adott válaszokat vizsgálva a 40 kérdésből 7 olyan kérdést találtunk (a kérdések 17,5%-a), amelyekre a diákok 65%-nál nagyobb arányban adtak jó választ. Csupán egy esetben találtunk olyan kérdést, amelyet a válaszadók több mint 80%-a helyesen válaszolt meg.

#### **21. A benzinre vonatkozó megállapítások közül melyik hibás?**

- a) Használják üzemanyagként.
- b) Használják gyógyászati célra.
- c) Használják festékkoldószernek.
- d) Használják élelmiszerekben.

A válaszadók 81%-a találta el a helyes választ. Ugyanakkor elgondolkodtató, hogy a diákok 13%-a nem utasítja el egyértelműen a benzin élelmiszerként való használatát, valamint 6%-ban nem ismerik fel, hogy a benzin az egyik leggyakrabban használt üzemanyag.

A diákok majdnem ilyen arányban (78%) találták el a tea citrom hatására történő kiválásodását a 8. kérdésben. A kérdés a folyamat magyarázatára nem tér ki, így arra is gondolhatunk, hogy a helyes válasz a mindennapok megfigyeléseinek köszönhető és nem annak, hogy felismerik, hogy a tea indikátorként működik, amikor a savas citromlét a teában öntjük. Itt is érdekes megjegyezni, hogy a válaszok 14%-ban azt jelölik meg a diákok, hogy a cukortól a tea sötétebb lesz.

A harmadik legjobban megválaszolt a 9. kérdés.

#### **9. Rántothús készítése közben lánggra kap a serpenyőben az olaj, el akarom oltani, ezért**

- a) hideg vizet öntök rá.
- b) lefedem egy konyharuhával.
- c) lefedem a serpenyő tetejével.
- d) meleg vizet öntök rá.

A fedő ráhelyezését a diákok 71%-a eltalálta. Sajnos a diákok 7%-a vízzel való eloltást javasol, ki a meleg, ki a hideg vízzel. A diákok 20%-ának valami emléke maradhatott a kémiaórákról, mert eloltásként konyharuhát dobának az égő olajra, csak azt felejtették el, hogy előtte be kellett volna nedvesíteni a konyharuhát. Figyelemre méltó, hogy ennél a kérdésnél 2% a nem válaszoló aránya.

A diákok 71%-a tudta kiválasztani az élelmiszerek közül azokat, amelyeket fogyókúra esetén kerülni kellene és 68%-uk találta el a 5. kérdés esetén a helyes választ.



#### **5. Egy pohár kólába, ha jégkockát teszünk**

- a) kevésbé hizlal.
- b) nem változik a hizlaló hatása.
- c) édesebb lesz.
- d) keserűbb lesz.

A diákok 12%-a válasza szerint lecsökkenti a hizlaló hatást a jégkocka, de több mint 20%-uk édesebb, illetve keserűbb ízt jósolt a jégkocka behelyezése után. Ez a két kérdés azért is került bele a kérdőívbe, mert számos internetes oldal foglalkozik fogyókúrával, ajánlgatva a magas cukor- és zsírtartalmú ételek, italok fogyasztását a fogyókúrázóknak valamilyen „csodaszerrel” kombinálva. A kérdés megfogalmazását az is ösztönözte, hogy kíváncsiak voltunk, mennyire hatásosak ezek a reklámok a diákok körében.

A diákok 67%-a jól válaszolta meg a krumpli sózásának a krumplisütést befolyásoló hatására vonatkozó kérdést. Itt a következtetés levonása és az indoklás is fontos volt a kérdés megválaszolása szempontjából. Remélhetőleg a sok jó válasz nemcsak a diákok krumplisütésben szerzett gyakorlati tapasztalatának köszönhető, hanem az ozmózisjelenség felismerésének is!

### **Mely kérdéseket választották meg a legrosszabbul a diákok?**

Az eredmények összesítése szerint hat olyan kérdés volt, amelyekre a válaszadók 25%-ánál kevesebben adtak helyes választ. A válaszok elemzésekor zárójelben szerepelnek azok a tankönyvek, tananyagrészek, amelyekből a diákok tanultak.

A legnagyobb arányban helytelenül megválaszolt kérdés – megdöbbentő módon – a desztillált vízre vonatkozott.

#### **7. A desztillált víz**

- a) a legtisztább víz, ezért érdemes fogyasztani.
- b) nem oltja a szomjúságot.
- c) fogyasztása már kis mennyiségben is káros az egészségre.
- d) olyan víz, amelyet más néven ioncserélt víznek nevezünk.

Erre kérdésre a diákok 8%-a helyesen válaszolt, sokan (17%) az a) választ jelölték meg. Ezt azoknak az ún. primitív axiómáknak a használatával indokolhatjuk, „amelyek olyan tapasztalatokon nyugvó naiv axiómák, melyek igazságtartalmát gondolkodás nélkül elfogadjuk” [5]. A cikkben megfogalmazottak alapján a válaszokat lehet értelmezni a tisztább – egészségesebb naiv axiómával, ami például a desztillált víz esetében sem igaz. Az viszont megfontolásra érdemes, hogy ezeknek a naiv axiómáknak a használata talán elfogadható a diákoktól a tanulási folyamat kezdetén, amikor még nem ismernek fontos, figyelembe veendő tényező-



ket, de nem elfogadható a tanulási folyamat befejezésekor. A helyes válaszok alacsony arányát indokolhatja, hogy a kémia tanítása során nem hangsúlyozzuk eléggé a desztillált víz kedvezőtlen élettani hatását.

Három olyan kérdés volt, amelyekre a diákok csak 16%-a tudta a jó választ megjelölni. Az elsőben az asztalterítón levő zsírfolt kitisztítására kellett kiválasztani a megfelelő anyagot. A válaszadók csak 16%-a találta el a benzint. Az oldhatóság, amely fogalom, az oldódás és minden elem, vegyület tanításakor előkerül, és állandóan hangoztatjuk a „hasonló a hasonlóban” elvet, mégsem tudatosul annyira, hogy egy tisztítási folyamatban felismerjék használhatóságát. A kémiai tanulmányok teljes időtartama alatt a legtöbbet használt apoláris oldószer a benzin, mégis, amikor egy hétköznapi életben felmerülő helyzetben kellene alkalmazni, akkor a diákok nem tudják hasznosítani a tanultakat és nem képesek kiválasztani a megfelelő oldószert. A diákok 10%-a vízzel gondolta kitisztítani az asztalterítőt, és a legtöbben (54%) az ecetet választották. Az eredmény nehezen magyarázható, hiszen a tizedikesek részletes szerves kémiai tanulmányaik után még inkább tisztában lehetnének a benzin összetételével, az alkotóanyagok polaritásával és oldószerként való alkalmazásával [6, 56.]. A nyolcadikosok esetében a tankönyveik tartalmazzák, hogy a zsírok nem oldódnak vízben, de benzinben igen [7, 100.]. A szakközépiskolások tankönyve [8, 170.] külön táblázatot tartalmaz, amely az olaj különböző oldószerekben való oldódásával foglalkozik, mégis a diákok csak 5%-a gondol erre egy hétköznapi helyzetben.

Az ózonnra vonatkozó kérdésre adott válaszok szintén csak 16%-ban voltak helyesek, vagyis hogy belégzése káros az emberre nézve. Néhány tankönyv [9, 33.], [8, 50.], [10, 118.], [11, 184.] az alacsony és a felső légköri ózonnál részletesen beszél és megemlíti az ózon élettani hatásait is. Más tankönyvek csak a felső légköri ózon előfordulással foglalkoznak ugyan, de szintén megemlíti az ózon élettani hatásait [7, 12.]. A diákok 53%-a, vagyis a legtöbben azt választották, hogy vastag burkot képez a Föld körül. Valószínűleg ez abból adódik, hogy az ózon UV-sugárzást elnyelő hatásának tanításakor gyakran hivatkozunk a sztratoszférikus ózonrétegre, ózonpajzsra és annak „kilyukadásra” stb., de nem hangsúlyozzuk eléggé, hogy Dobson-egységekben mérve a légköri ózon mennyisége átlagosan 300 egység lenne, ez 3 mm-es réteget képezne a föld felszínén [13], ami nem mondható vastagnak. Ugyanakkor ez a réteg nem kilukad, hanem az ózon keletkezésének és elbomlásának egyensúlya a bomlás irányába tolódik el a légkörbe kerülő freonok, halonok stb. miatt. Az ózonréteg és az ózonlyukkal kapcsolatos fogalmi fejlődés állomásait említi meg cikkében Tóth Zoltán [14, 338.], hivatkozva egy kanadai vizsgálatra. Valószínűleg nagyobb gondot kell fordítani a légkör szennyezésének pontosabb magyarázatára, jobban nyomon kell követni a diákok fogalmi fejlődését ebben a témakörben is.

Érdekes, hogy a diákok számára milyen nehézséget okoz megmondani, hogy a gázzsámlán szereplő összeget milyen mennyiség elfogyasztása után fizetjük.

### 29. A gázzsámlát a vezetékes gáz esetén

- a) az elfogyasztott gáz tömege után fizetjük.
- b) az elfogyasztott gáz térfogata után fizetjük.
- c) az elfogyasztott gáz által termelt hőmennyiség után fizetjük.
- d) az elfogyasztott gáz által okozott hőmérséklet-változás után fizetjük.

Itt jegyezzük meg, hogy tapasztalataink szerint a felnőtt lakosság nagy részének is gondot okozna ennek a kérdésnek a he-



lyes megválaszolása. És az is tény, hogy erről konkrétan nem esik szó a kémiai tanulmányok során. A fosszilis energiaforrások elégetésének hőtermelésével minden tankönyv foglalkozik a termokémiai számításoknál. A szerves kémia tanulásakor a diákok ki is számítják az egyes vegyületek elégetésekor keletkező hőmennyiséget. Mégis erre a kérdésre a választ csak 16%-ban találták el a diákok. Sokan (16%) az elfogyasztott gáz tömege, a legtöbben (61%) az elfogyasztott gáz térfogata utáni fizetést választották. Az „elfogyasztott gáz térfogata után” válasz talán még érthető, hiszen a mérőállás bediktálásakor lényegében az elfogyasztott gáz térfogatát diktáljuk be, ezért hiheti egy diák, hogy ez lesz a fizetés alapja. Ugyanakkor érthetetlen, hogy mire gondolhatott az a diák, aki az elfogyasztott gáz tömegét, illetve a szoba hőmérsékletének változását jelölte meg a válaszában a fizetés alapjaként.

A teljes kiőrlésű liszt készítésével kapcsolatos kérdést a válaszadók csak 16%-a válaszolta meg helyesen, ami meglepő, mert például a különböző reggeli kekszek hirdetésében rendre elhangzik a „teljes kiőrlésű” elnevezés. Minden dietetikus hangsúlyozza a teljes kiőrlésű lisztből készült kenyerek kedvezőbb hatását, lassúbb felszívódását, amit fogyókúrázóknak ajánlanak. Mindezek ellenére a felmérés azt mutatja, hogy a diákok nincsenek tisztában ennek a fogalomnak a pontos jelentésével. A kémiai tanulmányok során az egyes makromolekulák kapcsán megemlítiük ugyan, hogy a búzamag egyes részei milyen anyagot tartalmaznak, de a teljes kiőrlésű fogalommal ekkor nem találkoznak a diákok.

A diákok 21%-a volt tisztában a szuszpenzió szó jelentésével, vagyis azzal, hogy az ilyen gyógyszereket fogyasztás előtt fel kell rázni. A szuszpenzió jelentését és készítését a gimnázium kilencedik osztályában tanítjuk [10, 11], például készítünk szuszpenziót homokból és vízből, vagy mézskőporból és vízből stb. Sajnos ez a fogalom kimaradt az érvényben lévő hetedik és nyolcadik osztályos kémiatankönyvekből, illetve a szakiskolák könyvekből. Ennek tudható be, hogy a helyes válaszok aránya csak ilyen csekély, hiszen a tizedikesek a vizsgált diákok kb. 30%-át alkotják. A 9%-os eltérés valószínűleg azzal magyarázható, hogy egy hétköznapi területen – pl. gyógyszerek – esetén nem sikerül felismerni a diákoknak a hasonlóságot. Az is lehet, hogy a tanult ho-



| statisztikai próba                                                           | különbségek szignifikanciája                 |                                |                             | értelmezés                        |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Kruskal–Wallis-teszt (van-e a csoportok között különbség?)                   |                                              |                                |                             |                                   |
|                                                                              | 10. osztályosok                              | 8. osztályosok                 | szakképzősök                |                                   |
|                                                                              | CHI-SQUARE = (2, N = 167) = 23,744, p < 0,05 |                                |                             | az osztályok között van különbség |
| Mann–Whitney-teszt (ha van különbség a csoportok között, melyek között van?) |                                              |                                |                             |                                   |
|                                                                              | 10. osztályosok                              | 8. osztályosok                 | szakképzősök                |                                   |
| 10. osztályosok                                                              |                                              | U(N = 167) = 1855,0; p = 0,487 | U(N = 167) = 395,0 p < 0,05 | 10. osztályosok > szakképzősök    |
| 8. osztályosok                                                               |                                              |                                | U(N = 167) = 762,0 p < 0,05 | 8. osztályosok > szakképzősök     |
| szakképzősök                                                                 |                                              |                                |                             |                                   |

4. ábra. Nyolcadikosok és tizedikesek összpontszámának összehasonlítása

mok-víz keverék túlságosan „steril”, nincs köze a mindennapokhoz. A hetedik korosztály számára íródott saját tankönyvem [15] a valódi kakaóital készítése kapcsán ismerteti meg ezt a fogalmat, ami talán közelebb áll a diákokhoz, így könnyebben megjegyezhető.

#### Van-e különbség az egyes kérdések megoldásában a diákok életkora, iskolatípusa szerint?

A tizedikes diákok teljesítményétől azt várnánk, hogy meghaladja a kilencedikes (szakképzős) és a nyolcadikos diákok teljesítményét, hiszen ők azok, akik a leghosszabban tanultak kémiát, nem is beszélve arról, hogy a gimnáziumba a tanulmányi eredményeik alapján kerültek be. Mégis a diákcsoportok összpontszámát összehasonlítva azt látjuk, hogy a Kruskal-teszt szerint van eltérés a csoportok között. A Mann–Whitney-próbát elvégezve azt is megállapítottuk, hogy csoportonként összehasonlítva milyen eltérések adódtak. A nyolcadikosok és a tizedikesek eredménye jelentősen nem tér el egymástól, a tizedikesek eredménye azonban jobb a szakképzősökénél, és a nyolcadikosok eredménye ugyancsak jobb a szakképzősökénél (4. ábra).

Az egyes válaszok tekintetében megállapítható, hogy a kérdések többségében a diákok közül a tizedik évfolyamosok jobban teljesítenek (20 kérdésben), mint a nyolcadik évfolyamosok (15 kérdésben). Meglepő, hogy vannak azonban kérdések, amelyek esetében a nyolcadik osztályosok teljesítménye felülmúlja a tizedikesekét.

Az első ilyen kérdés a gluténérzékenységre vonatkozott, amelyben a diákoknak el kellett döntenie, hogy a gluténérzékeny ember fogyaszthat-e margarinos kenyeret és meg is kellett indokolni a választ. 6%-kal többen adtak jobb választ a nyolcadikosok, mint a tizedikesek, míg a szakközépiskolások 18%-kal maradtak le a nyolcadikosok mögött. A helyes válaszok viszonylag alacsony aránya meglepő, hiszen manapság már minden fórumon hallani erről a hiánybetegségről, mégis úgy tűnik, hogy a betegség oka és a megfelelő táplálék kiválasztásával való kapcsolata nem teljesen egyértelmű a diákok számára. Megjegyzendő, hogy a nyolcadik osztályos kémiatankönyvben [7] nem szerepel ez a kifejezés. A tizedik osztályosok jelenleg érvényben levő könyvében [16, 94.], amely 2018-ban, tehát a felmérés után jelent meg, már szerepel a gluténérzékenység fogalma, számos tünete és kezelése. A tizedikes diákok ezt megelőzően a Mozaik Kiadó tankönyvéből [6] tanultak, amelyben ez a kifejezés nem szerepelt. Ebből következik, hogy a kérdésre csak azok a diákok tudtak helyesen válaszolni, akik vagy a környezetük érintettsége miatt, vagy a környezetükből, akár tanáruktól kapott információk alapján ismerték ezt a fogalmat.

A samponok felületaktív anyagának hatását firtató kérdésben szintén a nyolcadikosok teljesítettek a legjobban. Ez azért is meglepő, mert a fogalom a nyolcadikosok tankönyvében [7] nem szerepel, de a Mozaik Kiadó hetedik osztályosok számára íródott könyve [9] már tartalmazza ezt a kifejezést. A tizedikesek könyvében [6, 16] részletesen elmagyarázzák a szappan példájához kötvén ennek a fogalomnak jelentését. Ehhez hasonlóan a szakközépiskolások könyvében [8, 173.] is szerepel ez a fogalom és a magyarázata.

Az alumínium és a vas tulajdonságainak összehasonlítására vonatkozó kérdésre szintén a nyolcadikosok tudtak a legjobban válaszolni.

24. Az autók keréktárcsája (felni) készülhet alumíniumból és vasból is.

- az alufelni kevésbé ellenálló a korrózióval szemben, mint a vasfelni.
- a vasfelni kevésbé ellenálló a korrózióval szemben, mint az alufelni.
- egy rossz parkolás, a padkának való ütközés esetén az alufelni kevésbé sérül, mint a vasfelni.
- az alufelnire a gumikerek jobban szerelhetők, mint a vasfelni-re.

A vas és az alumínium tulajdonságait a nyolcadikos tankönyvekben [7, 125., 134.], [17, 58.] részletesen megismerik a diákok. Valószínűleg jobban emlékeztek rá, mint tizedikes társaik.

A szén-monoxid-érzékelő felszerelésére vonatkozó kérdés esetében szintén 6%-os eltérés mutatkozik a nyolcadikosok javára. A szén-monoxid veszélyességéről több alkalommal tanulnak a diákok kémiai tanulmányaik során [7, 41.], [17, 88.], [6, 14.], valamint a különböző reklámok, társadalmi célú hirdetések is felhívják a figyelmet a fűtő- és főzőberendezések nem tökéletes égésének veszélyeire. Az eredmények azt mutatják, hogy mindez mégsem elég. Különösen nagy figyelmet kellene fordítani a szakközépiskolásokra, akiknek a fele sem tudta a jó választ.

#### Van-e különbség a lányok és a fiúk teljesítménye között a mindennapi életben hasznos kémiatudásban?

A 40 kérdésre adott helyes válaszokat megvizsgálva azt találtuk, hogy a nyolcadik osztályosok esetében 22 esetben a lányok nagyobb arányban adtak jó választ, mint a fiúk, akik 18 kérdésben voltak jobbak, mint a lányok.

A tizedik osztályosok esetében megfordul az arány, vagyis a fiúk 22 kérdésre tudnak nagyobb arányban jobban válaszolni. A lányok 16 kérdésre tudtak jobban a választ, és két kérdés esetén egyforma eredményt értek el a fiúk és a lányok.



A PISA-mérés [2] a magyar 15 évesek körében természettudományokból végzett vizsgálata a fiúk összteljesítményét hozza ki minimálisan jobbnak, de ez statisztikai értelemben nem szignifikáns. A fiúk teljesítménye tágabb határok között változik, a legjobban teljesítő fiúk teljesítménye jobb, mint a legjobban teljesítő lányoké, viszont a gyenge képességű lányok és fiúk teljesítménye között nincs különbség. A lányok több mint egynegyede számára jelenthet majd gondot a hétköznapi érvényesülésben a nem elégséges természettudományi műveltség. Ez az érték a fiúknál sem lényegesen alacsonyabb [2, 30.].

A 2018-as PISA-mérésben [4] lényegében nem változott a 15 éves magyar fiúk és a lányok közötti különbség a természettudományos tudásban a 2015-ös mérés óta.

## A felmérés megállapításainak korlátai és tanulságai

A felmérést abból a célból készítettük, hogy képet kapjunk arról, milyen „kémiai műveltséggel” rendelkeznek a diákok kémiatanulmányaikat befejezve, megértik-e mindennapok kémiai vonatkozású kifejezéseit, tudják-e értelmezni a hétköznapi kémiai folyamatokat, eligazodnak-e a kémiai kifejezéseket használó reklámokban.

A felmérés nem reprezentatív, mert az iskolák és a tanárok kiválasztásában szerepet játszott, hogy földrajzilag a szentendrei kistérségben legyenek, és az is, hogy melyik iskola, illetve tanár-kolléga vállalta önként a mérésben való részvételt.

A minta relatíve alacsony elemszáma és az összehasonlított csoportok egyenlőtlen létszáma miatt az ennek megfelelő, gyengébb következtetésekre lehetőséget adó statisztikai elemzéseket futtattunk le. Ebből következik, hogy az eredmények inkább feltáró jellegűek, és más kutatások eredményeivel együtt értelmezhetők, értékelhetők [18].

A felméréshez készített kérdőív megbízhatóságát a szakiro-

dalmi háttér áttanulmányozásával, a kutatási partnerekkel való szakmai egyeztetéssel, saját szakmai tapasztalatainkból fakadó ismereteink felhasználásával, előzetes méréssel, valamint két, nem kémia szakos kolléga visszajelzései alapján igyekeztünk biztosítani. Mindezek ellenére lehettek torzító tényezők, amelyek az eredményt befolyásolhatták.

A kérdőív érvényességét újbóli, más kistérségekben, nagyobb létszámú, megegyező korú diákcsoporttal való kitöltéssel lehetne igazolni. Az előbbiekből következően a mérésekből levont következtetéseket fenntartásokkal kell kezelni.

Áttekintettük a tankönyvek kérdésekre vonatkozó tudásanyagát, és az egyes kérdések esetében adott válaszokat egyenként is elemeztük, megpróbáltunk magyarázatot találni arra, hogy mi okozhatott nehézséget a diákok számára, miért van nagyobb különbség az életkor és a nemek szerint a válaszok helyességében. Ezek a magyarázatok azonban csak saját tapasztalatainkból, néhány hasonló kutatásból kiinduló következtetések, amelyek helytállóságát további vizsgálatoknak kell megerősítenie.

Az eredményeinket nem lehet teljes mértékben összehasonlítani a PISA eredményeivel, mivel a PISA-mérés nem csak a kémia tudásterületét vizsgálja; hosszabb időtartamú, szélesebb körű, összetettebb feladatokat is tartalmazó reprezentatív mérés, amely külön erre a célra fejlesztett, érvényes és megbízható mérőeszközzel folyik.

Az előzőekben felsorolt korlátok ellenére a mérésekből levont következtetések megegyeznek azokkal az eredményekkel, amelyeket a magyar diákok a természettudományokban értek el a PISA-mérések [2, 4] során.

## Összefoglalva

Felmérésünk pilot-kutatás, amely rávilágít a kémiaképzés néhány hiányosságára, megoldandó problémájára – ezek részleteit további kutatásoknak kell felderíteniük – és megfelelő alapot ad kutatási tevékenységem ezen hiányokat kipótolni igyekvő, innovációs szakaszához, amelyben tananyagtartalmakat fejleszttek a feltárt hiányosságok pótlására.

### IRODALOM

- [1] Balázi, I. és mtsai: PISA 2006 Összefoglaló jelentés. Bp., Oktatási Hivatal, 2007. [https://www.oktatas.hu/pub\\_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi\\_meresek/pisa/pisa2006\\_jelentes.pdf](https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/pisa/pisa2006_jelentes.pdf) (letöltés: 2020. szeptember 10.)
- [2] Ostorics és mtsai: PISA 2015 Összefoglaló jelentés. Bp., Oktatási Hivatal, 2016. [https://www.oktatas.hu/pub\\_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi\\_meresek/pisa/PISA2015\\_osszefoglalo\\_jelentes.pdf](https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/pisa/PISA2015_osszefoglalo_jelentes.pdf) (letöltés: 2020. augusztus 1.)
- [3] Szalay, B. és mtsai: TIMSS 2015. Bp., Oktatási Hivatal, 2016. [https://www.oktatas.hu/pub\\_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi\\_meresek/timss/TIMSS2015.pdf](https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/timss/TIMSS2015.pdf) (letöltés: 2020. augusztus 1.)
- [4] PISA 2018 jelentés. Bp., Oktatási Hivatal, 2019. [https://www.oktatas.hu/pub\\_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi\\_meresek/pisa/PISA2018\\_v6.pdf](https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatasi/nemzetkozi_meresek/pisa/PISA2018_v6.pdf) (letöltés: 2020. augusztus 1.)
- [5] Tóth, Z.: Középiskolai Kémiai Lapok (2013) 4, 297–304. [https://www.kokel.mke.org.hu/images/docs/2013\\_4/KK1304\\_valoban.pdf](https://www.kokel.mke.org.hu/images/docs/2013_4/KK1304_valoban.pdf) (letöltés: 2020. szeptember 10.)
- [6] Siposné Kedves, É. és mtsai: Kémia 10. Szeged, Mozaik, 2018.
- [7] Kecskés, A. és mtsai: Kémia 8. Bp., OFI, 2016.
- [8] Csorba E. L. és mtsai: Szakiskolai közismereti tankönyv. Eger, OFI, 2015.
- [9] Siposné Kedves, É. és mtsai: Kémia 7. Szeged, Mozaik, 2018.
- [10] Ludányi, Á. és mtsai: Kémia 9. Eger, Eszterházy Károly Egyetem Oktatókutatási és Fejlesztő Intézet, 2017.
- [11] Siposné Kedves, É. és mtsai: Kémia 9. Szeged, Mozaik, 2013.
- [12] Kecskés, A. és mtsai: Kémia 7. Bp., OFI, 2015.
- [13] Bihari Z. és mtsai: Természetvédelmi ökológia. Digitális tankönyvtár, 2018. [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032\\_okologia/ch12s03.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_okologia/ch12s03.html) (letöltés: 2020. szeptember 10.)
- [14] Tóth, Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2016) 11, 334–338.
- [15] Kisfaludi, A.: Belépés kémia birodalmába. Pomáz, Comenius, 1999.
- [16] Tóth, M. és mtsai: Kémia 10. Eger, Eszterházy Károly Egyetem Oktatókutatási és Fejlesztő Intézet, 2018.
- [17] Siposné Kedves, É. és mtsai: Kémia 8. Szeged, Mozaik, 2018.
- [18] Szokolcsy, Á.: Kutatómunka a pszichológiában. Bp., Osiris, 2014.



# A Khan Academy

Gyorsinterjú Kállay Csillával (DE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék), a Khan Academy munkatársával



*Örömmel olvastam egyik napilapunk hétvégi számában, hogy aktívan részt vesz a Khan Academy munkájában. A Khan Academy ingyenes digitális oktatási platform, melynek anyagaiból 120 millióan tanulnak világszerte. A két éve alapított magyar felületen jelenleg 700 videó és több ezer interaktív feladat, szöveges tananyag érhető el, az anyagokat önkéntesek fordítják, a nagyobbaknak szóló videókat feliratozzák. Hogyan és mikor kerültél kapcsolatba a Khan Academy szervezetével?*

2018 nyarán egy levelezőlistán olvastam, hogy önkéntes természettudományos fordítókat keresnek. A Khan Academy magyar önkéntes fordítócsapata akkor már egy éve dolgozott azon, hogy mielőbb megnyílhasson a magyar nyelvű oktatási platform. A fordítók többsége akkor alapszintű matematikát fordított, bár a gyors honlapindítás érdekében én is szívesen vállalkoztam volna arra, a hosszabb távú célok miatt inkább maradtam a szakterületemnél, a kémiafordítókhoz csatlakoztam.

*Milyen feladatot látsz el a szervezetben?*

Kémiaanyagokat – szöveges tananyagokat, feladatokat és videókat – fordítok, lektorálok. Emellett részt veszek a Khan Academy népszerűsítésében is. Igyekszünk minél szélesebb körben ismertté tenni a weboldalt.

*A magyar tagozatban hányan működtek, a magyar nyelvű tananyagok milyen felületen állnak rendelkezésre?*

Jelenleg kb. 25 aktív tagja van a csapatnak. Egy-egy toborzási kampány, médiamegjelenés után ez a szám gyakran felmegy 40-re. Ennél sokkal többen jelentkeznek, azonban igen nagy a lemorzsolódás, sokan a kezdeti lelkesedés után abbahagyják, s nem hallunk többet felőlük. A magyar nyelvű tananyagok minden formája elérhető a magyar oldalon, emellett a magyar nyelvű videók a Khan Academy Magyar YouTube csatornán is.

*Hogyan lehet jelentkezni és bekerülni az önkéntes közreműködők közé?*

A jelentkezőket kérjük, hogy töltsék ki a Khan Academy honlapján található jelentkezési lapot. Ezt követően az illető szakterületének megfelelő próbafordítást adunk, amit a szakmai lektor véleményez. Aki sikerrel veszi ezt az akadályt, azt örömmel látjuk fordítóink között abban az esetben, ha legalább heti két órát tud szánni a fordításra és hosszú távon el tudja kötelezni magát. Nem az az elsődleges célunk, hogy minél több anyagot tegyünk elérhetővé, hanem hogy színvonalas munka kerüljön ki a kezünkből. Ezért a szakmai lektorálás mellett a lefordított anyagok nyelvi lektorálására is sor kerül.

*Van visszajelzések a hazai felhasználók számáról és elégedettségéről?*

Néhány adatot szeretnék kiemelni: a magyar honlapon több mint tízezer regisztrált felhasználó van, azonban hozzátenném, hogy regisztráció nélkül is elérhető az összes anyag. Magyaror-

szág területéről egy év alatt 5 millió percet töltöttek a Khan Academy oldalain, bár ez nem csak a magyar oldal felhasználóit foglalja magába. Emellett a YouTube csatornákon is elérhető 260 magyar nyelvű videót eddig 85 ezerszer tekintették meg. A facebook-oldalunkat közel 2000-en kedvelik, s még többen követik. Rengetegen jelentkeznek önkéntes fordítónak (eddig kb. 300-an), a legtöbb visszajelzés tőlük érkezik. Közülük sokakat az motivál, hogy korábban a Khan Academy oldalán találtak segítséget, s ezt szeretnék ilyen formában visszaadni.

*Mit tudtok arról, hogy mennyire használják a tanárok az anyagokat a digitális oktatási tevékenységükben?*

A lehetőségek tárháza igen széles, de azt egyelőre sajnos nem tudjuk, hogy mennyire használják ki ezeket a funkciókat. Egyrészt nyomon követhetik a diákok otthoni munkáját és fejlődését, ami lehetővé teszi a differenciált oktatást, másrészt az iskolai órákon szervezetteren használhatják az anyagokat. A honlap a Google Osztályteremmel is összeköthető. Amit biztosan tudunk, hogy több ezer tanár is regisztrált az oldalon. Pozitív visszajelzés, hogy rendszeresen jelentkeznek tanárok önkéntes fordítónak azzal, hogy ők maguk is használják a honlapot, és szeretnék hozzájárulni a bővítéshez. Többen írják, hogy a diákoktól hallottak róla először. A honlap előnyeit felismerve már több magyar egyetemi kar ajánlja a Khan Academy tananyagait, pl. a BME Villamosmérnök és Informatika Kara vagy a Szegedi Tudományegyetem Általános Orvosi Kara. Jőmagam a „Bevezetés a kémiába” laboratóriumi gyakorlathoz tartozó szemináriumon használtam a magyarázó videókat.

*Mennyire ismeritek a hazai digitális platform kínálatát és annak lehetőségeit?*

Sokféle digitális platformmal találkoztunk. Vannak, amelyeken a szöveges tananyag, máshol video-előadás vagy kvízkérdések található. Ismerjük az ilyen lehetőségeket összegyűjtő weboldalakat is. Azonban egyik sem tartalmaz olyan mennyiségű, szakmai szempontból magas színvonalú és sokrétű anyagot, mint amilyen a Khan Academy. 10 000 videójából, 70 000 feladatából és írásos tananyagából magyar nyelven 700 videó és kb. 5000 feladat, illetve szöveges tananyag érhető el 9 témakörben. A Khan Academy további előnye, hogy más projektekkal szemben nem ér véget egy pályázati ciklus befejeződésével. A kaliforniai iroda a magyar oldalt az 50 másik, nem angol nyelvű oldalhoz hasonlóan ugyanígy ingyenesen üzemelteti és folyamatosan fejleszti.

*Megadná a platform internetes elérhetőségét?*

A Khan Academy magyar oldalának elérhetősége: [hu.khanacademy.org](http://hu.khanacademy.org).

Köszönöm a rövid beszélgetést. Egyben tájékoztatjuk olvasóinkat, hogy novemberben a természettudományos tanárképzésnek szentelt tematikus számunkban részletesebb beszámolót olvashatnak a Khan Academy munkájáról Kállay Csilla tollából.

Kiss Tamás



**A** Csongrádi Járásbíróság gyógyszerhamisítás miatt 2 év szabadságvesztést szabott ki V. A.-ra, a büntetés végrehajtását 3 évre felfüggesztette – így szól az a hír, amely remélhetőleg pontot tesz egy legalább tízéves történet végére.

Az elítélt egy olyan készítményt gyártott és forgalmazott, amelyről azt állította, hogy rövid idő alatt elpusztítja a baktériumokat, a vírusokat, és fertőző betegségek, így például influenza gyógyítására is jó. A termék (természetesen) erre nem volt képes, de ami még nagyobb baj: fogyasztása egészségkárosodást is okozhatott.

Az ötlet, amire ráfizetett, nem új és nem eredeti. A hasonló összetételű „csodaszerek” pályafutása Magyarországon egy évtizede kezdődött. A tisztiorvosi szolgálat (ÁNTSZ) 2010-ben kiadott figyelmeztetése szerint a „Miracle Mineral Solution” (MMS) cseppet lúgosító hatással hirdették, valamint olyan súlyos betegségek kezelésére javasolták, mint például a HIV, a tbc, a malária, a hepatitisz és a rák. Világszerte több országban észlelték káros, esetenként életveszélyes mellékhatásait, ami nem is meglepő az összetétel ismeretében.

A készítmények a nátrium-klorit ( $\text{NaClO}_2$ ) oldatát tartalmazzák, amelyet citromsavval elegyítve kellett elfogyasztani. A savval történő reakció hatására klórossav ( $\text{HClO}_2$ ), amelyből pedig klordioxid ( $\text{ClO}_2$ ) keletkezik. A közeg pH-jától függően a végtermékben klorid- ( $\text{Cl}^-$ ) és kloritonok ( $\text{ClO}_2^-$ ) is jelen vannak.



A  $\text{NaClO}_2$  és a  $\text{ClO}_2$  fertőtlenítő hatású, így a vegyületek megfelelően kis koncentrációban víztisztításra, élelmiszerek lemosó

kezelésére és szilárd felületek fertőtlenítésére alkalmasak, szájon át fogyasztva igen mérgezőek. Ehhez képest már szinte jelentéktelen kérdés, hogy a nátrium-klorit és a citromsav „recept szerinti” elegye savas kémhatású, így lúgosításra nem (sem) alkalmas. Persze annak sem kellene örülnünk, ha valóban lúgosítana: a szervezet pH-jának megváltoztatása ugyanis súlyos következményekkel, akár halállal is járhat.

A mérgezési tünetek a hányingertől a hasmenésen át a kiszáradásig és az életveszélyes vérnyomásesésig terjedhetnek. A nátrium-klorit nem csak azért veszélyes, mert nagy dózisban halált okozhat. Kisebb dózisban mérgezési tünetek kiváltása nélkül alattomosan is képes rombolni: idegrendszeri fejlődési zavarokat okozhat (ezért különösen elképesztő, hogy egyesek csecsemők kezelésére is ajánlják), valamint a termékenységre is kedvezőtlenül hat.

Mivel korábbi járványok (pl. H1N1) esetén is voltak élelmes vállalkozók, akik az MMS-t megelőző vagy gyógyító szerként forgalmazták, nem kizárt, hogy most is akad valaki, aki némi haszon reményében elkezd mérgezni a lakosságot. A bírósági ítéleten kívül ez is aktualitást ad jelen írásnak. Az USA-ban néhány eltévelyedett konteóhívó már tavaly nekilátott annak, hogy nagyobb mennyiségű MMS előállításával megmentse a nemzetet a Covid-19-től. A hatóságok nem értékelték az igyekezetet, és szerencsére időben letartóztatták az elkövetőket. Nem lenne meglepő, ha ez a „csodás” termék idővel újra megjelenne nálunk is...

**Csupor Dezső**

## Egy hír margójára

*Abel-díjjal tüntették ki Lovász Lászlót, az MTA volt elnökét. Az Abel-díj a Nobel-díj matematikai megfelelője, így fontosnak tartottuk, hogy lapunk erről is hírt adjon. A kitüntetett tudományos teljesítményéről az MTA honlapján megjelent híradás minden fontos információt tartalmaz.*

Mi a hír kapcsán a 444.hu cikkéből idézünk egy bekezdést, amely a magyar matematikaoktatás teljesítményét méltatja (letöltve: 2021. 3. 22.):

„A magyar matematika Lovász-, Szemerédi-, Babai-, Bollobás- (és még lehetne folytatni a sort egy oldalon át) szintű csúcsteljesítményei a világszínvonalú középiskolai matematikaoktatás alapjain épültek fel. Ahogy a XX. század első felének világhírű magyar természettudósai a hazai közép-

fokú intézményekben kaptak egészen kitűnő alapképzést. Biztos mindenki hallotta minden idők legnagyobb gimnáziumi matektanárának, Rátz Lászlónak a nevét, aki a Fasori Gimnáziumban hármat is tanított a világhírűvé vált tudósgenerációból: Wigner Jenőt, Neumann Jánost, Har-



sányi Jánost (meg még tucatnyi nemzetközi kaliberű kutatót).”

A cikk további részeit megtalálják a <https://444.hu/2021/03/18/bezikformulaz> cím alatt.

Jó olvasást kívánunk.

**KT**



Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Információs Központ | dr.braun.tibor@gmail.com

Akusztikusan levitált folyadékcseppek

# Edénymentes és érintésmentes kémia

## Előszó

A levitáció, némi egyszerűsítéssel, a gravitáció ellenében, energiabefektetéssel, kisméretű szilárd tárgyakat vagy folyadékcseppeket tart fenn, illetve lebegtet. A fogalom a latin *levitas* szóra vezethető vissza, amely könnyedségnek, könnyűségnek vagy mozgékonyaságnak fordítható.

A levitáció aerodinamikai, elektrosztatikai, diamágneses, optikus és akusztikus energiával hozható létre. Az aerodinamikai levitációnál a felfelé áramló levegő ellensúlyozza a kisméretű tárgyakra ható gravitációs vonzást. Az elektrosztatikus módszer esetében elektromosan töltött kisméretű vagy súlyú szilárd anyagot levítenek elektromos térben. A levitáció erős mágnessel is előidézhető. Az optikai levitáció lézerfényvel lebegtet, végül az 1937-ben felfedezett akusztikus levitáció ultrahangot használ. Az akusztikus levitáció egyik nagy előnye a széles körű alkalmazási lehetőség, ugyanis bármilyen kisméretű szilárd anyag vagy folyadék (általában kis csepp) akusztikusan levíthető. Más levítási eljárások, például a mágneses vagy elektromágneses levítelés kizárólag csak mágneses, illetve vezető anyagokkal alkalmazható.

Ezúttal csak az akusztikus levitációval foglalkozunk, röviden körbejárva annak alapjait, példaként említve alkalmazását gyógyszerhatóanyagok amorfizálására. Röviden foglalkozunk egy új oldatkémiai szakterület kialakulásával is.

## Történelmi előzmények

Újszerűnek és korszerűnek tűnő jellege ellenére az akusztikus energia (hanghullámok) hatását szilárd tárgyakra, illetve azok mozgására számos emlék őrzi, főleg legendákként a történelemben. Annak ellenére, hogy ezek mögött ritkán van szigo-

rúan tudományos háttér, történelmi alapot szolgáltatnak az akusztikus jelenségekre, igazolva, hogy a tárgyak mozgása hangok hatására nem korunk jelensége.

Írott emlékként eszünkbe juthatnak maja, egyiptomi, sőt tibeti eredetű legendák. De megemlíthető például a bibliai Ótestamentum, és abban Jerikó város falainak leomlása a Kr. e. 13. évszázadban. Eszerint a Jeruzsálemtől 28 km-re fekvő Jerikóban, mint Józsué (Mózes utódja) könyve leírja, az Úr szólt Józsuéhez, megparancsolva neki, hogy seregével kosszarvból készült kürtökkel felszerelt hét pap kíséretében hat napig ostromolja a várost. Amikor a kürtök erős hangja a hetedik napon is felhangzott, és elérte Jerikó falait, azok a hangok hatására leomlottak, a várost pedig elfoglalták és kifosztották.

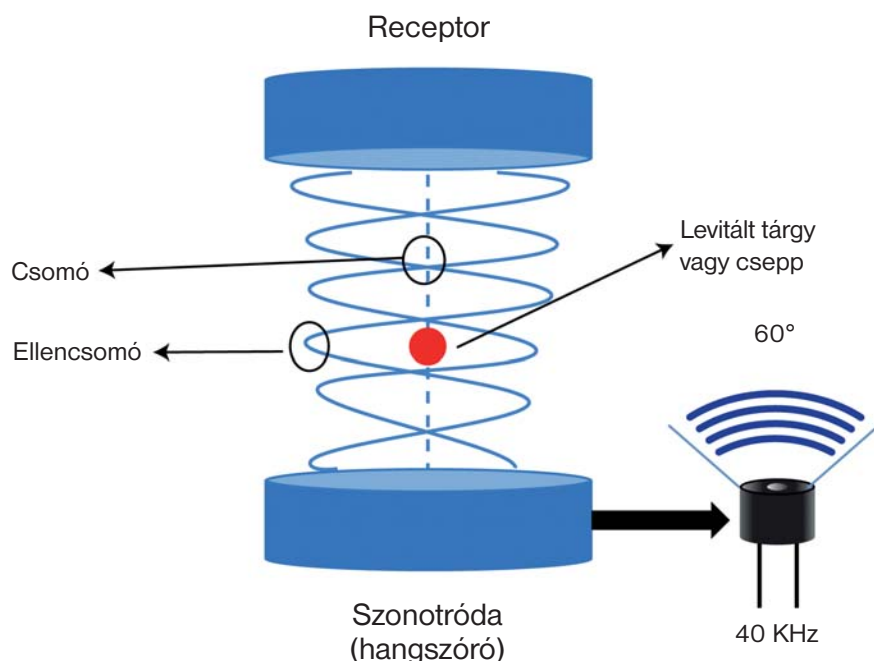
A másik példa a görög mitológiából ered.

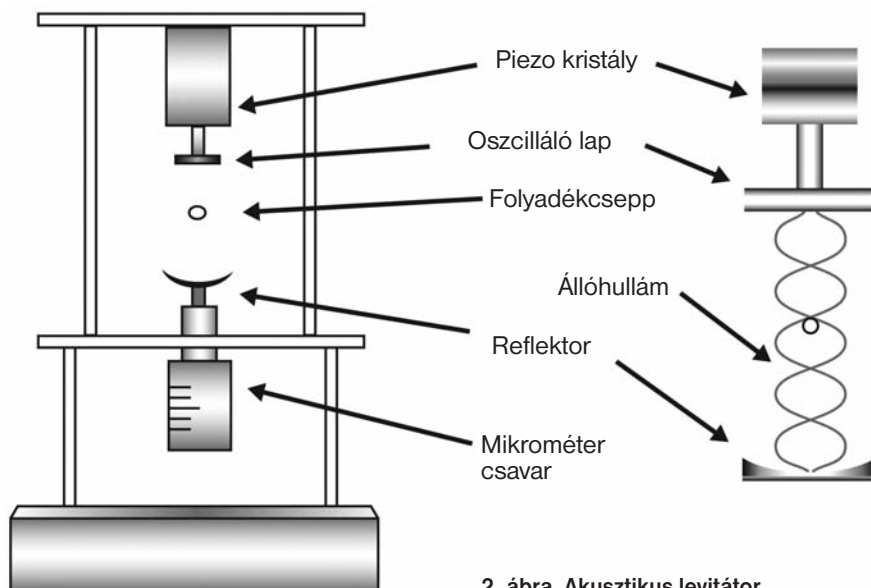
Pauszaniász görög geográfus IX. könyve szerint Zeus és Antiopé fia, Amphiön, iker-testvéreivel, Zéthosszal elfoglalta Thébat, majd 7 kapun átjárható fal építésével kezdték megerősíteni a várost. Miközben Zéthosz minden erejét megfeszítve küzdött a kötőbök elhelyezésével, Amphiön egyszerűen megszólaltatta lantját, és annak hangjára a kövek, követve a zenét, önmaguktól elrendeződtek a falban.

## Bevezetés

Az akusztikus levitáció tehát akusztikus nyomáshullámokat alkalmaz kisméretű szilárd tárgyak vagy folyadékcseppek emelésére, illetve lebegtetésére. E jelenség meghatározott frekvenciájú és amplitúdójú ultrahanghullámok eredménye (1. ábra), amelyekben nagy nyomású és alacsony nyomá-

1. ábra. Az akusztikus levitáció elve





2. ábra. Akusztikus levitátor

sú csomók jönnek létre. Mint az ábrán látható, a csomók és ellencsomók lehetővé teszik szilárd részecskék vagy folyadékcseppek emelését, függesztését és lebegtetését valamilyen fluidumban (általában, de nem mindig levegőben). A levitátorban az akusztikus hullámot piezoelektromos kibocsátó

(emitter, transzduktor, szonotród) hozza létre.

Az akusztikus levitációt 1933-ban fedezték fel, [1] első elmélete 1934-ből származik. [2] Xie és munkatársai a levitált részecskék geometriáját, hőmérsékletét, méretét és háttérét vizsgálták. [3–6] Ők dolgozták

ki a manapság leggyakrabban használt akusztikus levitátort is.

2010-ig akusztikus levitációs berendezések főleg statikus mérésekre adtak lehetőséget, amiben a levitált tárgyak vagy folyadékcseppek mozgathatósága meglehetősen korlátozott volt.

## Akusztikus levitátor

Az akusztikus levitátor, mint említettük, szonotródból és reflektorból áll (2. ábra). Előbbi piezoelektromos kristályhoz csatlakozik, ami beállított frekvencián folyamatosan ultrahanghullámot hoz létre. A reflektor és a szonotród közötti távolság mikrométercsavarral állítható. Az ultrahanghullám intenzitása külső energiaforrással állítható be, és értéke lényegesen nagyobb kell legyen, mint a normális hanghullámoké. A tárgyakat és a folyadékcseppeket mozgató ultrahanghullámok 160 dB erősségűek és a 24 kHz-es tartományban terjednek, vagyis az emberi fül számára nem hallhatóak. A levitátorban lebegtetett folyadékcseppek mérete széles skálán változtatható, de általában 1,1–5 nm-től körülbelül 2,5

1. táblázat. Példák angol nyelvű cikkekben a „containerless” és a „contactless” kifejezés használatára

| Szerző(k)                                                                                            | Cím                                                                                                                                     | Folyóirat                                                                                 | Kifejezés            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| J. K. R. Weber,<br>D. S. Hampton,<br>D. R. Mertley, Ch. A. Rey,<br>M. M. Zatarski,<br>P. C. Nordine  | Aero-acoustic Levitation: A Method for <b>Containerless</b> Liquid-Phase Processing at High Temperatures                                | Rev.Sci.Instrum., 1994, 65, 10                                                            | <b>Containerless</b> |
| E. A. Crawford, C. Esen,<br>D. A. Volmer                                                             | Real Time Monitoring of <b>Containerless</b> Microreactions in Acoustically Levitated Droplets via Ambient Ionization Mass Spectrometry | Analytical Chemistry, 2016, 88, 8396                                                      | <b>Containerless</b> |
| M.Lopez-Pastor,<br>A. Dominguez-Vital,<br>M. J. Ayora-Canada,<br>T. Laurel, M. Varcacel,<br>B. Lendl | <b>Containerless</b> Reaction Monitoring in Ionic Liquids by Means of Raman Microspectroscopy                                           | Lab-on-a-Chip, 2007, 7, 126                                                               | <b>Containerless</b> |
| A.Watanabe,<br>K. Hasegawa, Y. Abe                                                                   | <b>Contactless</b> Fluid Manipulation in Air: Droplets Coalescence and Active Mixing by Acoustic Levitation                             | Scientific Reports 2018, 8, 10221                                                         | <b>Contactless</b>   |
| S. J. Brotton, R. I. Kaiser                                                                          | Controlled Chemistry via <b>Contactless</b> Manipulation and Merging of Droplets in an Acoustic Levitator                               | Analytical Chemistry 2020, 92, 8371                                                       | <b>Contactless</b>   |
| R. Malinowski,<br>I. P. Parkin, G. Volpe                                                             | Nonmonotonic <b>Contactless</b> Manipulation of Binary Droplets via Sensing of Localised Vapor Sources on Pristine Substrates           | Science Advances 2020, 6, 3636                                                            | <b>Contactless</b>   |
| S. Mohanty,<br>I. S. M. Khalil, S. Mihra                                                             | <b>Contactless</b> Acoustic Micro/Nano Manipulation:Paradigm for Next Generation Application in Live Sciences                           | <a href="https://doi.org/10.1098/lspa2020.0621">https://doi.org/10.1098/lspa2020.0621</a> | <b>Contactless</b>   |



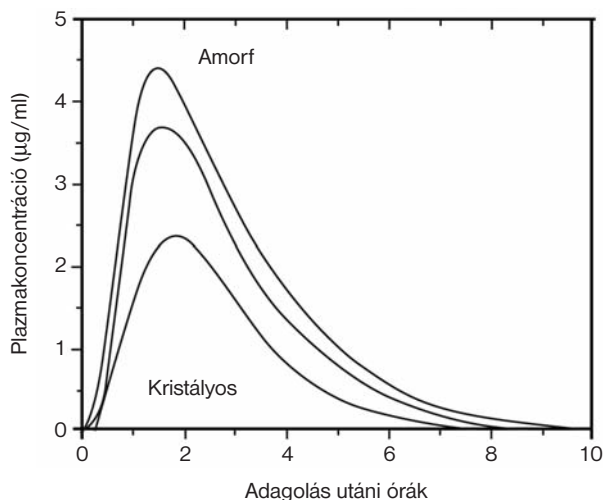
mm-ig terjed. A folyadékcseppek bevezetése és eltávolítása a levitátorba, illetve levitátorból kapillárisal vagy pipettával egyszerűen elvégezhető. A folyadékbevezetés során képződött cseppek a folyadékfajtától függően különböző formájúra torzulhatnak. A levitátorban két (vagy több) egymás feletti csepp is lebegtethető. Ilyenkor a felső csepp oszcillálható (mozgatható) az ultrahang amplitúdójának változtatásával. A cseppek egyesítésével folyadékok lúgosítása, dúsítása, illetve kémiai reakciók is megvalósíthatóvá válnak. Az **1. táblázatban** említett *Bretton–Kaiser*-dolgozatban vízcseppeket és etil-alkoholt, illetve vizes nátrium-hidrokarbonátot és ecetsavas cseppeket kevertek levitálás közben, valamint szilárd kis kristályt,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -t oldottak vízcseppben UV-spektroszkópiás átvilágítással követve az oldódást.

### Alkalmazási példa: gyógyszerhatóanyagok amorfizálása

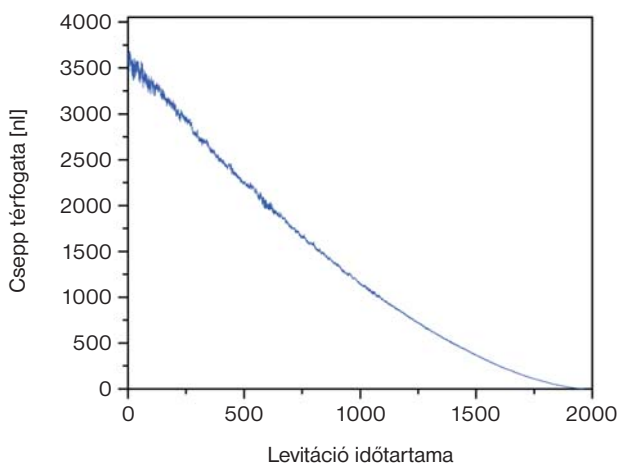
A gyógyszerhatóanyagok amorf vagy kristályos szerkezetűek. Az amorf gyógyszerhatóanyagoknak általában jobb a felszívódása az emberi szervezetben (**3. ábra**), mint a kristályosoknak, ami annak tulajdonítható, hogy gyenge intermolekuláris kötések révén jobban oldhatók, és így jobban asszimilálódnak az emberi testben. Ezért kisebb amorf gyógyszerdózis alkalmazható a kívánt hatás elérésére. Általában a forgalmazott gyógyszerhatóanyagok nagy része sajnos kristályos. Az amorf gyógyszerhatóanyagok készítése oldatból meglehetősen összetett feladat. Ha egy gyógyszerhatóanyagot oldatból való párologtatással készítene, a heterogén nukleáció és az edény falának kölcsönhatása révén a hatóanyag, jó eséllyel, kristályos formában szilárdul meg. Ezzel szemben akusztikus levitációt alkalmazva különböző gyógyszerhatóanyagok szupratelített folyadékcseppekből gyorsan és könnyen párologtathatók (**4. ábra**), és szilárd amorf gyógyszerhatóanyagokhoz vezetnek. [7,8]

### Folyadékok és oldatok tárolása

A folyadékok, oldatok tárolását, reagáltatását már az alkímia is valamilyen edényben, tartályban valósította meg. Az edények falai és az edényekben tárolt folyadékok, oldatok között jelentős kölcsönhatások jöhetnek létre, és ezek a folyadékok, oldatok viselkedését komolyan befolyásolhatják. Mindez azért válik ma különösen



**3. ábra.** Amorf, illetve kristályos gyógyszerhatóanyag felszívódása vérben



**4. ábra.** Levitált folyadékcsepp térfogatának változása az idő függvényében

fontossá, mert a korszerű kémia a miniatürizálás irányában halad, azaz gazdasági, valamint környezet- és egészségvédelmi szempontok alapján a folyadékok és oldatok egyre kisebb térfogatával igyekszik dolgozni. Problémát okozhat azonban a folyadékok és oldatok felülete és térfogata közötti arány. Minél kisebb a folyadékminta térfogata, annál nagyobbak a minták összetételében jelentkező változások, hiszen nő a felület/térfogat arány.

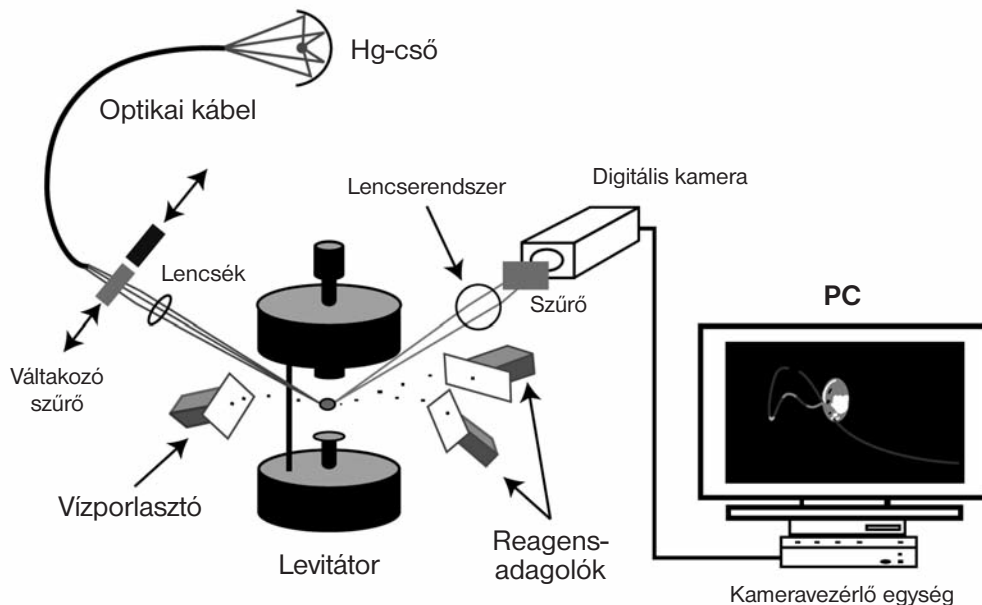
A folyadékkémiai reakciók során a rendkívül kis (mikroliter, pikoliter) térfogatú folyadékok és az edények között lényegében két jelenség jöhet létre. Egyrészt a folyadék szennyeződhet olyan anyagokkal, amelyek az edények falából oldódnak ki vagy válnak le, másrészt megnő annak a valószínűsége, hogy a folyadékokban tartalmazott komponensek rátapadhatnak az edények falaira.

Itt térnénk vissza az akusztikus levitáció folyadékcseppek előállítására való alkalmasságára, aminek során a cseppmértű folyadékok valamilyen fluidumban lebegnek, és például a levegőben levitált folyadékcseppben bármilyen kémiai művelet, például párologtatás, oldódás, reagálás anélkül játszódhat le, hogy az oldat és az

edény között valamilyen kölcsönhatás létrejön. A világ angol nyelvű szakirodalmában jelenleg gyakran találkozhatunk a *containerless manipulation*, *containerless processing*, *contactless manipulation*, *contactless processing* kifejezéseket tartalmazó cikkekkel.

Az **1. táblázatban**<sup>1</sup> néhány példát sorolunk fel említett cikkekből, amelyek az akusztikus levitációval létrehozott cseppek edénymentességének (*containerless*) és érintésmentességének (*contactless*) kérdésével foglalkoznak. Mint ezek a dolgozatok is jelzik, az ultrahangos levitáció alkalmazásával a csepp térfogatú folyadékminták képzésével és lebegtetésével a kémiában elkerülhető a folyadékok és az edényfalak közötti problémás kölcsönhatás, illetve káros érintkezés. Ez új kémiai szakterület kialakulását jelezheti. Profán módon erre az új területre az *edénymentes kémia*, illetve *érintésmentes kémia* elnevezés helyett a

<sup>1</sup> A kifejezések magyar fordítására még nem alakult ki a megfelelő szakszavak, ezért az angol *container* szó-tárral megfelelőjeként a tartály lenne ajánlatos, de a térfogata és mérete miatt félreérthető lenne. Ezért az edénymentes szót találtuk megfelelőnek. Hasolón módon a *contactless* fordítására az érintésmentes kifejezés mellett döntöttünk.



5. ábra. Levitált folyadékcsepp fluorimetriás átvilágítását lehetővé tevő berendezés

meztelen folyadék cseppkémia elnevezést javasoljuk, értve ez alatt olyan folyadékokkal, oldatokkal végzett kémiai műveleteket, folyamatokat, amelyekben a levitálás folytán a folyadékcseppek „ruhátlanok”, azaz öltözet-, illetve edénymentesen elérhetők, illetve reagáltathatók.

Végül a teljesség igénye nélkül felsorolunk néhány más alkalmazást is, amelyeket a folyadékcseppek akusztikus levitálása lehetővé tesz. Ilyenek például: folyadékok koncentrációja, [9] folyadék-folyadék extrakció [10] és gáz-folyadék extrakció [11]. Ugyancsak nagy előnye az akusztikusan levitált folyadékcseppeknek, hogy bennük lebegtetés közben különböző műszeres analitikai detektálási méréseket is el lehet végezni. Ilyenek például: a fotometria, [12] fluorimetria (5. ábra), [13] foszforimetria, [14] Raman-spektroszkópia [15] és röntgendiffrakció [16].

### Utószó

Az akusztikus levitációs szakirodalom jelentős méretűre nőtt az utóbbi években, ezért a témának csak a bemutatására vállalkozhattunk. A fentiekből az is kiderült, hogy új kémiai szakterület van kialakulóban, ami elsősorban a folyadékkémia fejlődését, működési mechanizmusának jobb megismerését szolgálja. Ennek alátámasztására idézünk a *Reactions without walls* című hivatkozásból: „Az ionos folyadékok cseppjeinek levitálása talán varázslatos illúzió hangzik, de a kutatók valós előnyöket találtak ezeknek az oldószereknek az edénymentes kémiai felhasználásában.” [17]

### IRODALOM

- [1] K. Bücks, H. Müller, Z. Phys. (1933) 84, 75.
- [2] L. V. King, Proc. Roy. Soc. A: Math. Phys. Eng. Sci. (1934) 147, 212.

- [3] W. Xie, C. Cao, Y. Lu, W. Wei, Phys. Rev. Lett. (2002) 89, 1043.
- [4] W. Xie, W. Wei, Appl. Phys. Lett. (2001) 79, 881.
- [5] W. Xie, W. Wei, J. Appl. Phys. (2003) 93, 3016.
- [6] W. Xie, W. Wei, Appl. Phys. Lett. (2007) 90, 2041.
- [7] C. J. Benmore, J. K. R. Weber, Phys. Rev. X (2011) 1.011004.
- [8] J. K. R. Weber, C. J. Benmore et al., Biochem. Biophys. Acta (2007) 3686.
- [9] N. Nilsson, S. E. Johansson, et al., 36th Annual Eastern Analytical Symposium & Exposition, Somerset N.Y., USA, 1997.
- [10] B. Neuhart, E. Welter, Fresenius J. Anal. Chem. (1997) 357, 345.
- [11] P. Jacob, A. Stockhaus et al., Fresenius J. Anal. Chem. (2001) 371, 726.
- [12] S. Santesson, E. S. Cedergren-Zeppeauer et al., Anal. Chem. (2003) 75, 1733.
- [13] S. Santesson, E. S. Cedergren-Zeppeauer et al., Anal. Chem. (2000) 72, 3412.
- [14] A. Omrane, S. Santesson et al., Lab. Chip. (2004) 4, 287.
- [15] C. Esen, D. Weigel et al., Spectrosc. Radiat. Transfer (2004) 89, 79.
- [16] Y. Cerenius, A. Oskarsson, J. Appl. Crystallogr. (2003) 36, 163.
- [17] Austrian Academy of Sciences. Reactions without walls, 2006. november 16.

## Robert W. Gore és a Gore-Tex®

Robert W. Gore amerikai mérnök és tudós, feltaláló és üzletember 2020-ban hunyt el. Többek között a poli(tetrafluoretilén) gyantákat tanulmányozta, alkalmazásukat kutatta. Ennek során feltalálta az általa és részben róla elnevezett lélegző membránt, a Gore-Tex®-et. Külön érdekesség, hogy a lélegző membránnak és anyagának felfedezése is külön-külön – más célú kísérletek során – a véletlennek köszönhető.

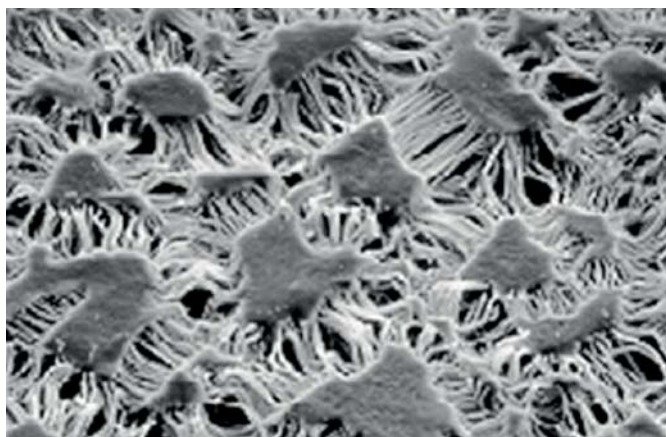
**R**obert W. Gore édesapja a delaware-i Wilmingtonban, a DuPont K+F létesítményében dolgozott. Gore a Delaware-i Egyetemen vegyészmérnöki diplomát szerzett 1959-ben, 1963-ban pedig PhD-fokozatot ért el. Kutatóként csatlakozott a család új, W. L. Gore & Associates cégéhez, amelynek 1967-ben műszaki és kutatási vezetője lett.

A W. L. Gore & Associates a poli(tetrafluoretilén) (PTFE) alkalmazásait fejlesztette. Széles körű tevékenységüket jelzi, hogy számítástechnikai kábelekkal, orvosi berendezésekkel, az űrhajók külső rétegeinek kialakításával egyaránt foglalkoztak. Gore 1969-ben az extrudált PTFE csőmenetes szalaggá való nyújtását kutatta, eközben felfedezte a polimer porózus, nagy szilárdságú



formáját. A fűtött PTFE-rudak speciális megfeszítése során a szilárd polimerből – kb. 800%-os nyúlásnál – 70% levegőt tartalmazó mikroporózus szerkezet képződött.

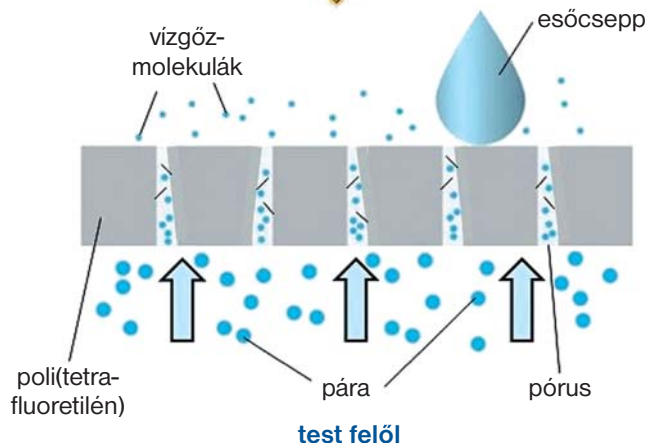
Gore tovább tanulmányozta a különböző PTFE-gyantákat, az anyag egydimenziós nyújtásának technikájával foglalkozott, hosszú szálak képzésével és kétdimenziósan kialakított membránlapok előállításán munkálkodott. A kétirányú nyújtás nagyobb erős-



Gore-Tex® membrán elektronmikroszkópos képe

ségű és porozitású, a levegőáramot átengedő lapokat eredményezett. Ezután laminált anyagokkal kísérletezett, a nyújtott membránt szilárdságot fokozó anyagokkal kombinálta. Így a cég vízálló és lélegző laminátumot tudott előállítani: az 1972-ben szabadalmaztatott – expandált poli(tetrafluoretilén) – termék a Gore-Tex® márkanévvel vált ismerté.

A vízgőzt belülről átengedő ruhadarabok és sportlábbelik készítésére alkalmas Gore-Tex® membránról egy 1972. tavaszi piaci jelentés számolt be. A termék első kereskedelmi értékesítésére 1976-ban került sor, amikor az Early Winters Ltd. megkezdte a Gore-Tex® sátrak gyártását és forgalmazását, amit az így készített esővédő ruházatok követtek. 1989-ben Gore engedélyt adott azoknak a gyártóknak a Gore-Tex® megnevezés és védjegy használatára, amelyek a forgalmazás előtti, előírt módszerű szigorú tesztelésen (a Gore cég mesterséges esőterében végzett, továbbá gépi mosási és kopásállósági vizsgálatokkal) megfelelő paraméterekkel rendelkező terméket produkáltak.



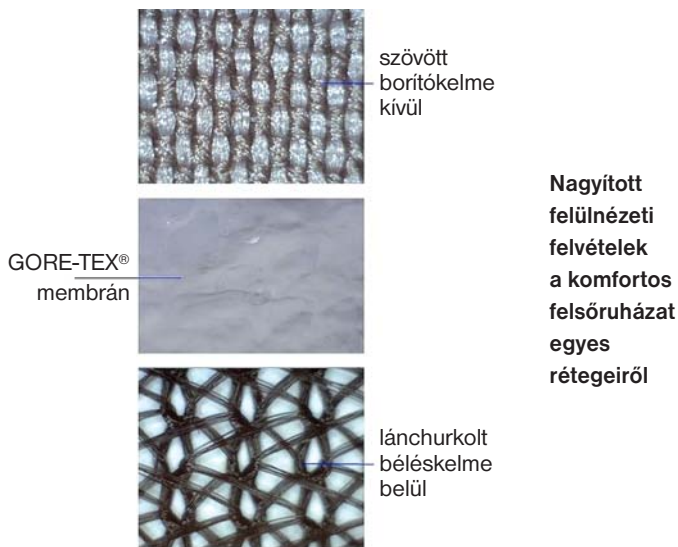
Gore-Tex® membrán szerkezete

A lélegző membránt az öltözködés területén a kültéri ruházatokban és sportcipőkben alkalmazzák. A pórusok elég nagyok ahhoz, hogy a test hője és a pára távozni tudjon, ugyanakkor elég kicsik ahhoz, hogy a kívülről érkező vízcseppek ne tudjanak behatolni. Ennek megfelelően az esőből vagy hóból származó nedvesség nem jut át, de az izzadmány elpárologva távozik.

A membrán cm<sup>2</sup>-enként mintegy kilencmilliárd mikroszkopikus pórust tartalmaz. A különleges hártya szelepszzerűen záródó parányi csatornáinak vastagsága húszszerszer kisebb egy átlagos esőcseppnél, ugyanakkor mintegy hatszázszor nagyobb egy vízgőzmolekulánál.

A W. L. Gore & Associates cég sikeres termékei közül jelentős az égési sérüléseknél alkalmazott kötszer- és sebtapaszcsalád. A Millipore Corporation mikrofiltrációs termékeihez is ők biztosították a funkcionális réteget. A Baxter International számára pedig hemodialízis-membránt fejlesztettek ki. A Gore-Tex® a test belsőjében inert (nem bomló, a környezettel reakcióba nem lépő) orvosi alkalmazások során is használatos. A membrán porozitása lehetővé teszi az élő szervezet szövetének növekedését, integrálva a bevitt anyagot a keringési rendszerbe.

Kutasi Csaba



Nagyított felülnézet felvételek a komfortos felsőruházat egyes rétegeiről



## Simon Pál (1929–2021)



Februárban, 92. életének betöltése előtt, rövid betegség után elhunyt Simon Pál. Hamvait március 24-én a budapesti Megyeri úti temetőben, a járványhelyzetre tekintettel szűk családi körben, polgári szertartás keretében helyezték örök nyugalomra. Tudományos fokozatot szerzett kutatóból lett a kukoricaföldön korszerű olajfinomítót teremtő cégvezető, miniszter, majd nagykövet. Több mint másfél évtizede-

den át a Magyar Kémikusok Lapja szerkesztőbizottságának is tagja volt. Mindvégig segítőkész ember maradt.

Miskolcon munkáscsaládba született. Elemi és polgári iskolái után a helyi Kossuth Lajos Evangélikus Líceum tanítóképzőjében érettségizett 1948-ban, egyedüli kitüntettként. Közben 1944-ben pékségben is segédkezett, hogy szüleit segítse. Okleveles tanító helyett tanár vagy vegyészmérnök akart lenni. Felvették a BME vegyészmérnökképzésére és anyagi nehézségei miatt a népi kollégiumba is. 1949 őszétől a megszüntetett népi kollégium helyett megalakult Állami Vegyészmérnök Kollégium igazgatójává nevezték ki. Az utolsó két évet katonaruhában, honvéd kollégistaként végezte el, a civil kurzus tárgyai mellett katonai ismereteket is tanult. Diplomamunkáját a BME Varga József vezette Kémiai Technológia tanszéken lispei olajpárlatok katalitikus reformálásáról írta. 1952-ben okleveles vegyész hadmérnök minősítést kapott.

Főhadnagyként a Légierő üzemanyag laboratóriumában kezdett el dolgozni. Megnősült, diáktársát vette feleségül. 1955 szeptemberétől a moszkvai „kis” Lomonoszov-intézetben volt aspirantúrán. Az olefinek oxidációja telítetlen zsírsavakká témában írt disszertációjának sikeres megvédése után, 1959 tavaszán jött haza. A Nehézipari Minisztérium (NIM, Székér Gyula) a MÁFKI-hoz irányította, ahol rövidesen Freund Mihály akadémikus igazgató helyettese lett és utódként tartották számon.

1961 végén Székér Gyula (NIM) rábeszélésére pályakorrekciót hajtott végre, elvállalta a százhalombattai Dunai Kőolajipari Vállalat (DKV) megalakításának előkészítését és a vállalat vezetését. Alkotótevékenysége csúcspontjának tekintette a következő bő tizenegy évet. Nagy körültekintéssel és gondossággal alakította ki a vállalat szervezetét. Feladatuk volt a tervek elkészítése, a technológiai eljárások és berendezések megvásárlása, az elkészült termelő és kiegészítő berendezések üzembe helyezése, az ezekhez szükséges kiszolgáló személyzet betanítása és a termelés megszervezése. Az első kőolaj-desztillációs üzem 1965. évi indítását évente további egy-két termelőegység beléptetése követte. Bátor intézkedéseivel jelentősen hozzájárult a vállalat műszaki színvonalának, működési biztonságának és a gyarapodó népességű Százhalombatta szociális ellátásának fejlődéséhez. Irányításával a valamikori kukoricaföldön korszerű finomító létesült, remek szakembergárdával.

1973-ban a NIM az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt (OKGT) vezetőjének nevezte ki (elődje, Besze Vilmos nyugdíjba vonult).

Nevéhez kapcsolódott az addigi „hétvezéres” szervezet kiegyensúlyozása az ágazatközi együttműködés és kapcsolattartás javítására. A szervezeti átalakítást már utódja, Bán Ákos fejezte be.

Simon Pál 1974-ben nehézipari miniszterhelyettes, majd Székér Gyula miniszter előrelépése után 1975-ben nehézipari miniszter lett a Lázár György vezette kormányban. Ezt a pozíciót a minisztérium megszűntetéséig (1980 végéig) töltötte be (ezután három korábbi minisztériumból alakult meg az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium). Itt szakmai kérdések helyett a gazdaságpolitika és a tömegkapcsolatok kerültek előtérbe. Szakmai vélemények alapján 1979-ben leírta, hogy a NIM nem támogatja a bős-nagymarosi vízi erőmű felépítését.

1981 közepétől 1985 közepéig (a Tito elnök halála utáni időszakban) Magyarország belgrádi nagykövete volt, ahol – visszaemlékezése szerint tanítóképzőben szerzett ismereteit is hasznosítva – jó kapcsolatot épített ki az akkori vezetéssel, és szerette ezt a munkát.

1985-től 1991. évi nyugdíjba vonulásáig a Prodinform Műszaki Tanácsadó vállalat vezérigazgatója volt. A Magyar Kémikusok Lapja szerkesztő bizottságának tagja (1989-től 2006 közepéig), továbbá a GTE Ipari Minőségi Klub alelnöke volt 1989-től.

A Veszprémi Vegyipari Egyetemről címzetes egyetemi docensi (1968), majd címzetes egyetemi tanári (1980) címet kapott. 2002-ben a Budapesti Műszaki Egyetem Tanácsa aranydiplomával ismerte el mérnöki tevékenységét. Életében számos kitüntetéssel ismerték el eredményeit.

Az egyházi iskolában tanult vallásos gyerekből 1947-től a materialista MDP, majd az MSZMP tagja lett. Egy 1994. márciusi életinterjúban úgy nyilatkozott, hogy a nyolcvanas évek végén elolvasott két könyv (Koestler, A.: Sötétség délben, és Szolzsenyicin, A.: A Gulag szigetecsoport) rettenetesen kizökkentette az addigi egyensúlyából, és rájött, hogy amiben hosszú évtizedekig hitt, az nem igaz. Dolgozott érte legjobb tudása és lelkiismerete szerint. „Nyugodtan nézek bárkinek a szemébe... Szándékosan rosszat nem tettem senkinek” – mondta.

Simon Pál élete végéig nagy szeretettel viszonyult az olajiparhoz („elfogult vagyok az olajipar javára”, mondta még miniszterként) és Százhalombattához, amit negyedik gyermekének tekintett. Szerény és céltudatos vezető volt. Munkatársai és azok utódai is nagy tisztelettel adóztak, adóznak iránta. Munkatársainak, a más világnézetűeket is ideértve, biztonságos hátteret teremtett az alkotó munkához; szakmai és politikai kiállásával problémákat oldott meg, szakembereket óvott meg az egyébként alaptalan meghurcolástól. Kilencvenedik születésnapja alkalmából a százhalombattai Olajipari Műszaki Nyugdíjasok Egyesületének elnöksége tiszteletbeli tagságot ajánlott neki, amit nagy örömmel fogadott el. Köszönőbeszédében arra emlékezett, hogy sokszor kellett olyan dolgokba is belemenni, amit a törvény betűi szó szerint nem, de az emberek lelkiismerete feltétlenül megengedett. Felhívta a figyelmet arra az élettanulásra, hogy amit ma megtehetünk, ne halogassuk, tegyük meg azonnal, mert később már nem lesz rá lehetőség.

Felesége, három gyermeke, házastársaik, két unokája és egy dédunokája, korábbi munkatársai és azok utódainak serege is gyászolja. Emlékét tisztelettel megőrizzük.

**Rácz László**



# Huszonkét kémiai történet

Simonyi Miklós: *Emberk és molekulák – Kémiaszertár*. Typotex Kiadó, Budapest, 2020.

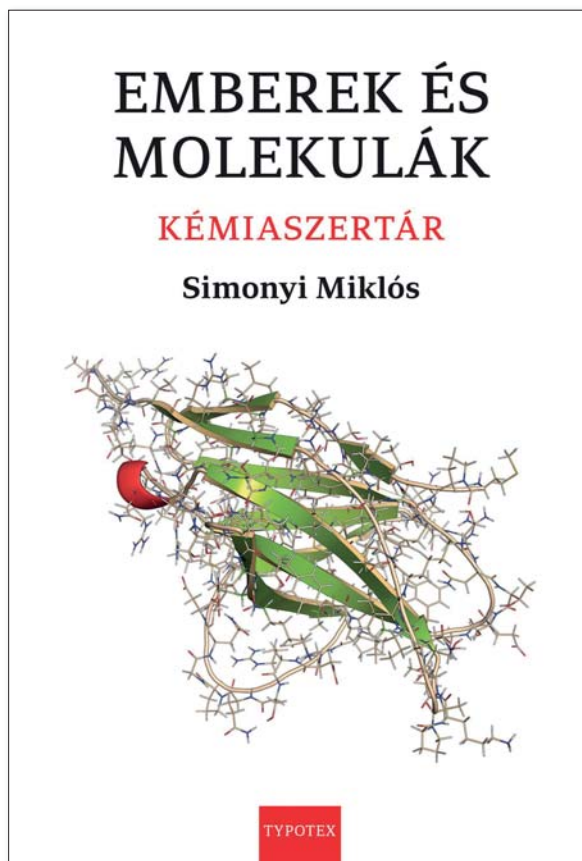
Simonyi Miklós könyve huszonkét kémiai történetet, felfedezést, annak társadalmi és történelmi körülményeit tárja eléünk érdekesen, olvasmányosan. A megértéshez általában elegendő a hétköznapi középiskolából megmaradt természettudományos ismeret, bár néha beletörhet az olvasó bicskájá, de olyankor lehet továbblapozni – elég, ha a mondandó hangulata megmarad. A történetek a kémia minden területéről származnak, és sok napjaink eseményeivel is kapcsolatot mutat. Hadd utaljak ezzel kapcsolatban rögtön a penicillin fejezetére.

A hétköznapi ember számára (bevallom, első hallásra számomra is) a penicillinről Fleming neve jut eszembe. A könyvből megtudhatjuk, mennyi minden és ki mindenki más kellett még ahhoz, hogy sebesültek tízezreit lehessen megmenteni a haláltól a 20. század nagy világégéseiben. A penicillint Fleming fedezte fel 1928-ban. Chain írta le elsőként kémiai szerkezetét, ezzel lehetővé tette származékainak (a később alkalmazott sok felszintetikus származék) kémiai szintézissel történő előállítását, és Florey vezetésével igazolták, hogy a vegyület nem toxikus és rendkívüli gyógyító hatása. 1945-ben Fleming, Florey és Chain megosztott orvosi Nobel-díjat kapott. De Heatley angol biokémikusról majdnem megfeledkezik a történelem, pedig ő volt az, aki megoldotta a penicillin ipari szintű előállítását: aki nélkül nem lenne penicillin. „Amikor Heatley-t megkérdezték, hogyan érintette a kutatótársak kitüntetése, miközben őt mellőzték, így felelt: »Magam csak egy harmadrendű kutató voltam, aki jókor volt jó helyen.«” Tessék ezt most összekapcsolni a koronavírus-járvány kapcsán tapasztalható vakcinahiánnyal. A tudósok megtették kötelességüket, de a felfedezések ipari szinten való megvalósítása is külön tudományág. Annak is kijár az elismerés, mert anélkül nem érik be a felfedezés gyakorlati haszna. Az elmélet, a felfedezés és a gyakorlati alkalmazás együttesen terem hasznosítható gyümölcsöt.

Nagyon érdekes a hatásos maláriaellenes artemizinin felfedezésének története: Tu Ju-ju Nobel-díjának története. Hiába hangsúlyozta a Nobel Bizottság, hogy az elismerés nem a hagyományos kínai gyógyításnak szól, a kínai kormányzat és a sajtó a kínai hagyományos gyógyítás értékének elismeréseként próbálta feltüntetni, és ebből kívánt politikai tőkét kovácsolni. Tanulságos olvasmány. Erről lapunk egy korábbi számában Braun Tibor professzor tollából már jelent meg írás.

Feltétlenül szóljunk a legutóbbi magyar kémiai Nobel-díjas, Oláh György munkáját összefoglaló „Keserédes örökség” című fejezetről. Mindenkinek ajánlom olvasásra. Írása végén Simonyi Miklós megpróbálja megfejtetni, mi az oka annak, hogy bár a Nobel-díjasok itthon születtek, Nobel-díjaik zömmel már külföldön.

Érdekes dilemmával foglalkozik a szerző a periódusos rendszer kapcsán: ez a fizikusok és a kémikusok között bontakozott ki – az új elemek felfedezése és elismerése körül – a 115–117 elemek létezésének elfogadását tárgyaló IUPAC-kongresszuson 2016 májusában, illetve az azt megelőző, fizikusok és kémikusok közötti egyeztető konferencián. Ezeket az elemeket ma zömmel atomfizikusok állítják elő nagy rendszámú aktinoida-elemek nagy energiára gyorsított atomokkal való bombázása révén. Sikeres magreakció esetén is általában csak néhány atomot sikerül előállítani, és annak csak a nyomát tudják detektálni (a bomlásuk termékével). A tudósok többsége az elemek felfedezésének



bejelentése ellen volt. Egyikük így fogalmazott, ahogy a cikkben olvasható: „Mi kutatók vagyunk, akik nem hisznek, hanem bizonyítékot akarnak látni.” A négy kérdéses elem feletti vita arra indította a kutatókat, hogy megreformálják az új elemek jóváhagyásának eljárását. A négy elem létezését végül jóváhagyták, ezzel a periódusos rendszer 7. periódusa teljes lett. A probléma ezzel nem oldódott meg; logikusnak tűnik az a felvetés, hogy mivel eddig is a két nemzetközi kémiai és fizikai testület előzetes egyeztetése után született meg az új elemek felfedezésének jóváhagyása, meg lehetne fontolni, hogy ezentúl egy adott rendszám felett (ami lehetne az elemek természetes előfordulása, 92 vagy az f mező elemeinek lezárása, 104) a fizikusok hatáskörébe utalják az elemek elbírálását, jellemzését, és csak a kisebb rendszámú elemek tartoznának a kémikusok hatáskörébe. Az IUPAC és az IUPAC pedig rendszeresen együttes ülésen egyeztetné tapasztalatait. A két testvértudomány közös erőfeszítéseinek sikerére hozza fel a szerző példának az Avogadro-számot. Avogadro csak a törvényt ismerte fel, de annak számszerű értékét egy fizikus, Josef Loschmidt számolta ki.

Kinek ajánlom a könyvet? Minden, a kémia és a természettudományok, a mindennapok tudományos kérdései iránt érdeklődő embernek, fiataloknak és idősebbeknek. Sok újdonságot, érdekességet tudhatnak meg belőle. Magam az ötvenéves kémikusi múltammal szerezhettem új ismereteket. Előfordulhat, hogy valamit nem értünk meg világosan, minden részletében (velem is előfordult), akkor is lehet folytatni az olvasást, a lényeg megmarad. Értékekkel gyarapodunk! Jó olvasást kívánok!

Kiss Tamás



## TÚL A KÉMIÁN

## Ősmamutok genetikája

A szibériai permafrosztban fennmaradt mamutfogakból kinyert minta révén a tudományos szakirodalomban ismert legrégebbi, másfél millió éves DNS analízisét végezték el a közelmúltban. A fogdarabot még az 1970-es években találták meg. A genetikai



elemzés alapján a mamut új fajtát is sikerült leírni, amely a későbbi észak-amerikai változat őse volt. A csúcstartó mintában mintegy 50 millió bázispárt térképeztek fel, míg egy párhuzamosan végzett analízis egy alig fiatalabb, 1,3 millió éves mintából már 900 milliót is megközelítő számú bázispárt szekvenált. A kutatás révén remény van más, permafrosztban megőrzött DNS-minták elemzésére is. A felső korhatárt nem a kémiai módszer szabja meg, hanem a Föld egykori éghajlata: emiatt a legöregebb permafroszt sem lehet 2,6 millió évesnél régebbi.

*Nature* 591, 265. (2021)



## A plútói kék

Noha a New Horizons szonda 2015-ben haladt el a Plútó mellett, az általa visszaküldött adatok elemzése még mindig hoz újdonosságokat. Egy közelmúltban publikált cikkben például azt mutatták ki, hogy a törpebolygó jellegzetes, kék színét valószínűleg nem egyszerű vízjég, hanem nagyrészt a rajta lévő, szerves anyagból álló, fagyott részecskék fénytörése okozza. A Plútó átlagos felszíni hőmérséklete 45 K körül lehet, így igen kevés anyag van rajta, amely nem szilárd halmazállapotú. A kis részecskék egy része a felszín fölött lebeg, ezért az ég színe a Földhöz hasonlóan kéknek tűnhet egy felszíni megfigyelő számára. A most kidolgozott elmélet a Neptunusz legnagyobb holdja, a Triton színét is megmagyarázhatja.

*Nat. Astron.* 5, 289. (2021)

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

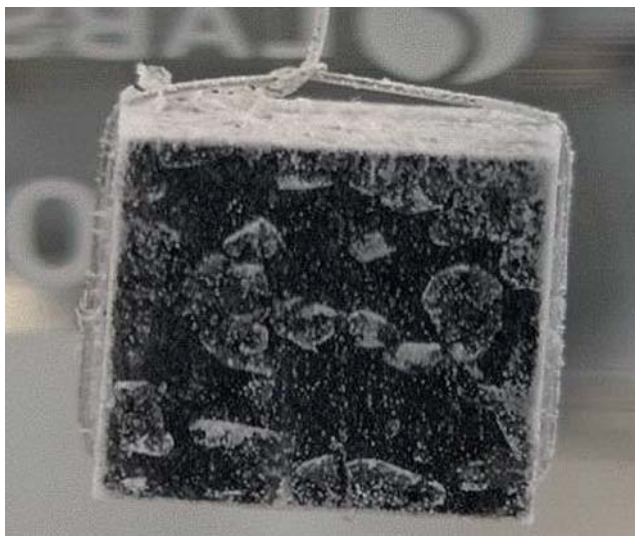


J. E. Petavel: A Comparison of British and German Volumetric Glassware *Nature* Vol. 107, pp. 297–298. (1921. május 5.)

Sir Joseph Ernest Petavel (1873–1936) brit fizikus volt. Svájcban tanult, majd 1893-ban a University College, London intézményben végezte el a gépész- és villamosmérnöki szakot. Legmaradandóbb alkotása egy speciális, gázok robbanási sajátságainak tanulmányozására alkalmas nyomásmérő kidolgozása volt. Mint az idézett cikk címe is mutatja, nagy hangsúlyt helyezett a pontos mérésekre.

## Rozsdamentes magnézium

A magnézium kis sűrűsége, biokompatibilitása és nagy mechanikai szilárdsága alapján akár szerkezeti anyag is lehetne, de mindennek megálljt parancsol a kémiai reakciókészség és



az ebből következő korróziós hajlam. A legújabb kutatások szerint viszont csekély mennyiségű kalcium (vagyis még reakcióképesebb fém!) adalékolásával olyannyira lelassul a folyamat, hogy az így előállított anyag számos gyakorlati célra felhasználható lehet. Az ötvözet elkészítése egyszerű: egy acéltégelyben össze lehet olvasztani a két fém megfelelő mennyiségét.

*Mater. Horiz.* 8, 589. (2021)



## APRÓSÁG

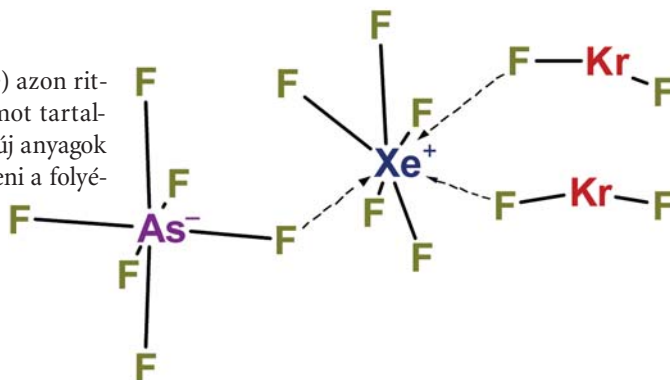
A Big Pharma a Microsoft által XBOX-ra forgalmazott számítógépes stratégiai játék neve (is).



## A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az ábrán látható, fluorhidas, ionos nemesgázvegyület ( $\text{AsF}_6^-\text{Xe}^+\text{Kr}_2$ ) azon ritka anyagok csoportjába tartozik, amelyek többféle nemesgázatomot tartalmaznak. A xenon formális oxidációs száma +6, a kriptoné +2. Az új anyagok előállításának bizonyos lépéseiben folyékony nitrogénbe kellett hűteni a folyékony fluort tartalmazó reakcióelegyet.

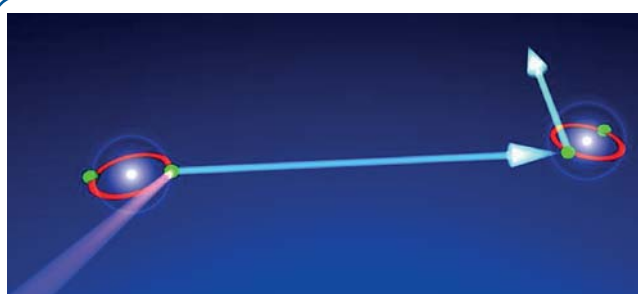
*Angew. Chem. Int. Ed.* 60, 8149. (2021)



## Gépi kémia-nyelv

Egy eredetileg emberi nyelvek megtanulására megalkotott algoritmus a jelek szerint a kémiai reakciók nyelvét is elég jól el tudja sajátítani. Az IBM svájci kutatóközpontjában dolgozó szakemberek által továbbfejlesztett, gépi tanuláson alapuló módszer a kémiai szerkezeteket karaktérsorozattal kódoló SMILES (simplified molecular-input line-entry system) rendszerben bevitt adatok alapján 98%-os hatékonysággal ismerte fel a kémiai reakciók különböző típusait (pl. szén-szén kötés létrehozása, Suzuki-kapcsolás, deprotonálódás...). A kevés hibás besorolásnak is többnyire az algoritmustól független oka volt: általában tautomer formák létezése, néha pedig egyszerű, emberek által elkövetett adatbeviteli hiba. A módszernek az egyre jobban terjedő, nagy terjedelmű adatbázisok kezelésében lehet fontos szerepe.

*Nat. Mach. Intell.* 3, 144. (2021)



## Héliumdimer

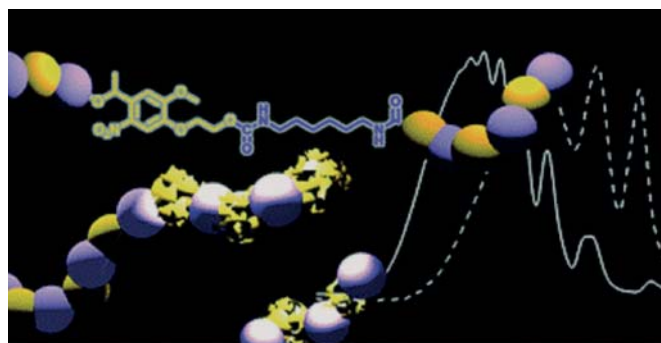
Míg a hónap molekulájánál is bemutatott xenon- és kriptonvegyületek már nem számítanak kirívóan különlegesnek, a hélium mind a mai napig őrzi kémiailag inert hírét. Ennek ellenére abszolút nulla fok közelében két héliumatom is alkot kvantumkémiai módszerekkel jól értelmezhető dimert. Ezt a dimert egy újonnan kidolgozott, gondosan időzített lézermimpulzuspárt használó módszer segítségével jellemezték. Az eljárással a sokkal nehezebben nyakon csíphető trimerről is kaptak új információkat, illetve megnyitották az utat más, különleges kvantumállapotú részecskék vizsgálata felé is.

*Nat. Phys.* 17, 174. (2021)

## Csillagidőjárás előnyökkel

Egy részletes szimulációs tanulmány szerint a viszonylag kis csillagok körül az élet keletkezésével összeegyeztethető zónában keringő bolygók légköre érzékeny lehet a napkitörésekre, és ez a hatás elősegítheti az élet nyomainak felismerését. Az ilyen események során nagy energiájú részecskék tömege hagyja el a központi csillagot, s az így létrejövő sugárzási viszonyok segítségével az élet jelenlétére utaló nitrogén-monoxid, nitrogén-dioxid és salétromsav spektroszkópiai módszerekkel érzékenyebben mutatható ki. Az új eredmények a hamarosan pályára álló James Webb űrtávcsővel folyó kutatások számára is utat mutatnak.

*Nat. Astron.* 5, 298. (2021)



## UV-fényre bomló poliuretán

A poliuretán habokat manapság az építő- és járműiparban is sokat használják. Ausztrál és német tudósok a közelmúltban olyan új módszert dolgoztak ki, amely segítségével UV-megvilágítással le lehet bontani ezeket a makromolekulákat. A stratégia lényege, hogy a láncokba fotoérzékenyítő hatású o-nitrobenzil-csoportokat juttatnak be, amelyek a megfelelő hullámhosszú sugárzás hatására a láncok kovalens kötéseinek felhasadását okozzák. A módszerrel jelenleg az a legnagyobb probléma, hogy szórás és visszaverődés miatt az UV-fény nem hatol be elég mélyen a poliuretán térhálós szerkezetébe.

*Chem. Commun.* 57, 2911. (2021)



## KITÜNTETÉSEK

Magyarország köztársasági elnöke március 15. alkalmából kitüntetések adományozott. A kémikusi-vegyészmérnöki szakmához kötődve

### Széchenyi-díjat kapott:

**Karikó Katalin** kutatóbiológus, biokémikus, az mRNS-alapú vakcinák technológiájának szabadalmaztatója, a mainzi BioNTech alelnöke, a Pennsylvanai Egyetem egyetemi docense Magyarországra számára kivételesen értékes tudományos pályafutása során a gyógyszerkutatás és -gyártás területén elért, világszerte kiemelt jelentőségű eredményei, valamint a koronavírus-világjárvány leküzdéséhez az első, klinikailag is bizonyítottan hatásos ellenszer kidolgozásával hozzájáruló, korszakalkotó munkája elismeréseként;

**Perczel András** okleveles vegyész, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Kémiai Intézete Szerves Kémia Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanára Magyarország számára kivételesen értékes tudományos pályafutása során a fehérjekémia és a szerkezeti biológia területén elért, nemzetközileg is kiemelkedő eredményei, valamint iskolateremtő kutatói-oktatói tevékenysége elismeréseként;

**Szöllősi János** vegyész, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, a Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar Biofizikai és Sejtbiológiai Intézete Biofizikai Tanszékének egyetemi tanára Magyarország számára kivételesen értékes tudományos pályafutása során a sejtmembránon keresztül lejátszódó jelátviteli folyamatok modern biofizikai módszerekkel történő vizsgálata terén elért kutatási eredményei, valamint a biofizikai, illetve sejtbiológiai oktatásban végzett magas szintű munkája, továbbá kiemelkedő tudományos szervezői tevékenysége elismeréseként.

### A Magyar Érdemrend tisztikeresztje polgári tagozata kitüntetését kapta:

**Bakos József** vegyészmérnök, a kémiai tudomány doktora, a Pannon Egyetem professor emeritusa a hazai szerves kémiai kutatások, azon belül a szerves katalízis és a királis szintézisek területén végzett, nemzetközileg is elismert munkája, valamint a tudományos tehetséggondozásban elért eredményei elismeréseként;

**Bán István**, a Richter Gedeon Vegyészeti Gyár Nyrt. Észtországi Képviselői Irodájának vezetője, Magyarország dél-észtsországi tiszteletbeli konzulja az Észtsorszában élő magyarság identitásának megőrzése és a magyar-észts kapcsolatok fejlesztése érdekében végzett tiszteletbeli konzuli tevékenysége, valamint a balti államokban működő magyar szervezetekkel folytatott sokoldalú együttműködése elismeréseként;

**Kuzmann Ernő**, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Kémiai Intézete és a Természettudományi Kutatóközpont nyugalmazott egyetemi tanára a nukleáris kémia területén végzett kiemelkedő kutatói és oktatói munkája, különösen a Mössbauer-spektroszkópiai kutatásokban elért eredményei elismeréseként;

**Keszei Ernő** vegyész, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, az Eötvös Loránd Tudományegyetem professor emeritusa a Nemzetközi Bologna Csoport magyarországi képviselőjeként hazánk nemzetközi tudományos kapcsolatainak fejlesztésében vállalt kiemelkedő szerepe, valamint a magyar felsőoktatás külföldi

sikereihez a hallgatók és az oktatók mobilitásának elősegítésével hozzájáruló munkája elismeréseként;

**Speier Gábor** vegyészmérnök, a kémiai tudomány doktora, a Pannon Egyetem professor emeritusa a biokoordinációs kémia tudományterületének egyik hazai megalapítójaként végzett, nemzetközi szinten is kiemelkedő kutatómunkája, valamint jelentős tudományos közéleti tevékenysége elismeréseként;

### A Magyar Érdemrend lovagkeresztje polgári tagozata kitüntetését kapta:

**Janáky Csaba** vegyész, a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Kémiai Intézete Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszékének egyetemi docense a globális környezeti problémák megoldására irányuló kutatások területén elért, nemzetközi szinten is kiemelkedő eredményei, valamint oktatói és kutatásfejlesztési tevékenysége elismeréseként;

**Pap Tamás** okleveles vegyészmérnök, a kémiai tudomány kandidátusa, a Pannon Egyetem Mérnöki Karának nyugalmazott egyetemi docense a hazai analitikai kémiai kutatások, azon belül főként a kemometria és az analitikai jelfeldolgozás területén végzett tudományos munkája, valamint tudományterülete egyetemi oktatásának fejlesztésében elért eredményei elismeréseként.

### A Magyar Arany Érdemkereszt polgári tagozata kitüntetését kapta:

**Novák Levente** biológus, a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Kémiai Intézete Fizikai Kémiai Tanszékének adjunktusa a kolloidkémia területén végzett kiemelkedő színvonalú kutatói, oktatói és oktatásszervezői munkája elismeréseként.

A kitüntetetteknek gratulálunk és munkájukhoz további sikereket kívánunk!

• • • • •

## OKTATÁS

### Online kémiai seregszemle – avagy a 35. OTDK Kémiai és Vegyipari szekció

Az Országos Tudományos Diákköri Tanács (OTDT), az Emberi Erőforrások Minisztériuma, az Innovációs és Technológiai Minisztérium, valamint a Magyar Tudományos Akadémia fővédnökségével, továbbá a felsőoktatásban érintett minisztériumok és országos hatáskörű intézmények anyagi támogatásával 2021 tavaszára meghirdette a 35. Országos Tudományos Diákköri Konferenciát, melynek Kémiai és Vegyipari szekcióját május 17–19 között rendezzük meg az ELTE Természettudományi Karán. Császár Attila elnökségével az ELTE Kémiai Intézet a szekció szakmai lebonyolítója.

Rendkívüli időkben élünk, mely az élet minden területén kihívásokkal, lemondásokkal szembesít minket a Covid-19 vírus okozta járványhelyzet miatt. Sajnálatos módon ez a nagy hagyományokkal rendelkező, most 70 éves OTDK-t sem hagyta érintetlenül. A személyes részvétel ellehetetlenülése miatt teljesen új formában valósul meg az idei konferencia. Habár a személyes együttlét öröme hiányozni fog az online tér miatt, semmi másban nem fogunk hiányt szenvedni.

Örömmel láttuk, hogy a kutatásnak, laboratóriumi munkának nem kedvező körülmények ellenére is 137 diák 139 dolgozattal nevezett be a 35. OTDK Kémiai és Vegyipari szekciójába. További



jó hír, hogy a határon túlról is érkezett 10 nevezés, valamint egy középiskolás résztvevővel is számolhatunk.

A hagyományoknak megfelelően idén is igen színvonalas munkák érkeztek be, jelezve hogy a kémiai képzés és kutatás centrumaiban továbbra is akár nemzetközileg kiemelkedő kutatómunkákba tudnak az érdeklődő hallgatók bekapcsolódni. A diákokat érdeklő témák a kémia szinte teljes spektrumát felölelik az elméleti számolásoktól kezdve a Covid-19 járvánnyal kapcsolatos kutatásokig. Ezenkívül a vas- és acéliparral, a gluténmentes diétával, a nanorészecskékkal, az elektrokémiai rendszerek fejlesztésével, a szerves és szervetlen szintézisekkel és gyógyszeripari eljárásokkal foglalkozó előadások is elhangoznak majd idén májusban.

A konferencia nagyszerű lehetősége a fiatal, kutatás felé nyitott hallgatóknak, sőt még a középiskolásoknak is, hogy munkájukat bemutassák, megméréssék, illetve betekintést kapjanak a magyarországi kutatási irányzatokról. Bízunk benne, hogy a konferencián való részvétel tovább erősíti a kedvet, hogy minél többen válasszák a kutatói pályát. Biztatunk továbbá minden érdeklődő hallgatót, szakmabelit és nem szakmabelit, hogy éljen az online rendezés nyújtotta lehetőséggel és kapcsolódjon be a konferenciába. A korlátlan hozzáférés ezt minden eddiginél könnyebbé teszi. Igyekeztünk olyan plusztartalmakat beépíteni a konferencia programjába, melyek tovább színesítik az online megrendezendő konferenciát. Ilyen lesz például az egyes tagozatok előtt a gyógyszeriparban dolgozó elismert vezető kutatók felszólalása, akár csak a más nemzetek kémiai közösségének vezetőivel tartandó pódiumbeszélgetések.

Biztatjuk a kémia iránt érdeklődő középiskolásokat, hogy minél többen kísérjék figyelemmel a tudományos szekciókat és az azokat kísérő kiemelt ismeretterjesztő előadásokat. A konferencia során bonyolítjuk le a kifejezetten középiskolásoknak meghirdetett „Kémias véleményvezér” játékunkat.

A konferencia ingyenesen és bárki által szabadon látogatható. Buzdítunk ezért minden kedves érdeklődőt, hogy éljen ezzel a remek lehetőséggel, és hallgassa meg a jövő reményteljes, fiatal kutatójelöltjeinek előadásait, vagy találja meg a számára legérdekesebb programokat. A konferenciával kapcsolatos hírek, információk a <http://otdk35kemia.elte.hu/> címen érhetők el. Ha érdekel a kémia, várunk szeretettel a konferencián! Ha elmélyítenéd a kémiatudásod, kattints kémias tartalmakért a [chemistry.elte.hu](http://chemistry.elte.hu) oldalra! Ne feledd, az ELTE remek terep arra, hogy felfedezd a tudományt!

**Szervezőbizottság**

## VISSZHANG

### *Vélemény a Magyar Kémikusok Lapjának 2020. decemberi különszámáról*

Hiánypótlónak tekinthető a Magyar Kémikusok Egyesülete által a Magyar Kémikusok Lapja különszámaként kiadott, klímavédelemmel foglalkozó kiadvány, melynek témája pontosabban: „Klímaváltozás a kémia és a határterületek szemszögéből.” Hiánypótlónak tekinthető, hiszen a kémikustársadalom bár eleve szakmai prioritásból régtől foglalkozik a környezetvédelemmel, benne a levegő tisztaságának megőrzésével, az MKL-ben ilyen célirányosan szerkesztett szám még nem jelent meg. Mindemellett unikális is abban az értelemben, hogy nem a környezetpolitikai megközelítés kerül a szerkesztés fókuszába, hanem a természettudományos. Ez utóbbi pedig különösen megسuegelendő részemről, aki részeseként a Miskolci Egyetemen 1972(!)-ben

Berecz Endre professzor által elindított környezetvédelmi képzésnek, a kezdetektől sulykoltam a hallgatóimba azt a tézist, mely szerint: bár a környezetvédelem társadalmi problémaként kezeltetik, megoldása természettudományos ismereteken alapszik. Pontosabban, a környezetünket, a talajt, a vizet és a levegőt, de az épített környezetet is csak természettudományos alapokon nyugvó kommunikációval és jogalkotással védhetjük meg. Netán az ily módon bevont oktatás révén már nem kell „védeni” senkitől, mert mindenki érzi a felelősségét a károsanyagkibocsátásmentes szemléletű élettevékenység iránt, különösen az ezen alapuló Környezetirányítási Rendszerekkel működő ipari és mezőgazdasági tevékenység megvalósítása iránt.

Az MKL 2020. decemberi különszáma avatott kézzel nyúl a napjainkra a környezetvédelemből klímaváltozássá minősült problémakörhöz. Felvázolja a bolygó jelenlegi klíma-állapotát, elhelyezve azt a korábbi klímaváltozások között. Bemutatja azokat a fejlett adatkezelési módszereket, amelyekkel a hatalmas adathalmaz kezelhető és modellképzésre alkalmassá tehető. Tárgyalja a klímára direkte hatásokkal bíró üvegházhatású gázok emissziójának csökkentési lehetőségeit, tudományos alapjait és technológiai megoldásait. Különösen üdvözlendő, hogy még a szakmában is jelen lévő sztereotípiákat megpróbálja eloszlatni, nevezetesen: a tengerek vízszintjének emelkedése nem az úszó jéghegyek, hanem a szárazföldi jég leolvadásának a következménye; a közgazdászok (globális pénzemberek) által favorizált exponenciális termelésnövelés a környezeti fenntarthatóság ellen hat a klímaváltozás antropogén hatásainak csökkentése helyett.

Örömmel láttam azoknak az új technológiáknak az ismertetését, amelyek például csökkentik a szén-dioxid-emissziót vagy különösen mérgező anyagok, például foszgén használatát szüntetik meg. A CO<sub>2</sub>-hasznosítás is súlyponti kérdésként szerepel az összeállításban annak ellenére, hogy a vegyipar a kevésbé jelentős CO<sub>2</sub>-t emittáló technológiák közé tartozik, de tudásanyaga leginkább a vegyészeket predesztinálja a légkörbe jutott üvegházhatású gázok csökkentésére alkalmas eljárások kidolgozására.

A hulladék-helyzet keletkezését és hasznosítását is kiemelt témaként kezeli a különszám. Joggal, hiszen például a műanyagokat azokban az esetekben is előnyben részesíti a jelenkori ipar, amely esetekben más anyagok, például fémek is legalább annyira vagy jobban megfelelnek a célnak. Arról nem beszélve, hogy a fémek hasznosítása azok használatának kezdetétől jól bevált gyakorlat és kevésbé környezetszennyező. A fenntarthatóság egyik alappillére a hulladékminimalizálás, például valamely más iparág, technológia, netán a mezőgazdaság bevonásával, *vice versa*.

Remélem, hogy a jelenlegi különszámból kimaradt témák (például a magasan integrált anyagok, eszközök újrahasznosítása stb.) egy új különszámban tárgyalásra kerülhetnek. Hiszen az energiaellátásban és -tárolásban, az informatikai eszközökben felhasznált anyagok újrahasználatára vagy hasznosítására a jövő egyik kiemelkedően fontos problémájává válhat a primer források végeessége, ill. a bányák ázsiai (kínai) elhelyezkedése miatt.

Nem utolsósorban javaslok a különszám egyes cikkeinek, esetleg azok átdolgozott (rövidített, netán bővített) változatainak széles körű terjesztését, a lakosság által leginkább használt médiában (újságok, tv-k környezetvédelmi műsorai, közösségi média stb.) való közzétételét. Egyrészt a tudás pénz a Kémikus Egyesületnek is, másrészt a lakosság ökológiai tudatosságának, másrészt természettudományos ismereteinek növelése (az áltudományosság csökkentése) olyan stratégiai cél, amely az emberiség fennmaradásának záloga.

**Lengyel Attila**

ny. egyetemi docens



## Néhány megjegyzés az MKL

### „Klímaváltozás a kémia és a határterületek szemszögéből” című különszámhoz

Nagy örömmel vettem kézbe a különszámot, mert több különböző szempont szerint foglalkozik a klímaváltozás és a környezetvédelem alapvető kérdéseivel. Az elkövetkező 50–100 évben vagy még tovább ezek lesznek az emberiség fejlődésének kulcskérdései.

A különszám 11. önmagában is értékes, gondolatébresztő cikket tartalmaz. Terjedelmi okokból, illetve saját érdeklődési területem miatt ezek közül csak háromra reflektálok.

Jánosi Imre cikkében rámutat arra, hogy a földtörténet során a klíma és vele a tengerszint, valamint a légkör  $\text{CO}_2$ -tartalma folyamatosan változott. A klímaváltozást nagyon szemléletesen mutatja a 4. ábra, ahol az időtengely változó léptékkal 65 millió évvel ezelőtől 2260-ig mutatja a múltbeli átlaghőmérsékletet és a különböző modellek szerinti közeljövőt. Az eocén korban, mintegy 55 millió éve, a mainál  $15^\circ\text{C}$ -kal magasabb volt az átlaghőmérséklet és 25 méterrel magasabb a tengerszint. (Megjegyzem, ha időben még tovább ment volna vissza, akkor a kriogén korban, kb. 700–800 millió éve, az extrém hideget is említhette volna, amikor az Egyenlítő környékén is befagytak a tengerek.) Az írott és elektronikus sajtóban klímaváltozással foglalkozó szerzők többsége azt sugallja, hogy a jelenleg tapasztalható melegedést zárólag az emberiség által kibocsátott  $\text{CO}_2$ -gáz okozza. A szerző ki meri mondani, hogy „... trendforduló lépett fel az előző évszázad elején, (de) az emberi tevékenység hatását tudományosan nem értjük”. Saját laikus véleményem szerint a klímaváltozás egy részét természeti okok hozzák létre, de ez nem ment fel minket attól, hogy csökkentsük az üvegházhatású gázok kibocsátását.

Tátáraljai Dóra és Pukánszky Béla cikke a műanyag-felhasználás környezeti hatásával foglalkozik. Tárgyalják a műanyagok szénlábnomának csökkentési lehetőségét, újrahasznosítással és környezetbarát energiaforrások alkalmazásával, másrészt foglalkoznak a műanyagok okozta környezetszennyezés csökkentésével. Ez utóbbi nincs közvetlen összefüggésben a klímaváltozással, de hasonlóan fontos téma. Kifejtik, hogy a jelenlegi hulladékkezelési módszerek használata esetén a biológiailag lebomló, komposztálható műanyag se tökéletes megoldás, mert a szeméttelepeken csak lassan bomlik el.

Tompos András cikke a megújuló energiaforrások alkalmazásának egy részterületét, a hidrogéntermelés és -felhasználás lehetőségeit mutatja be. Napjainkban a termelt hidrogén döntő része még metánbontásból származik, tehát nem  $\text{CO}_2$ -semleges, de a jövőben ez megváltozhat. A megújuló energiaforrások termelése nem tud alkalmazkodni az igényekhez, pl. a napenergia esetén főleg nyáron és csak nappal termelődik. A hosszú távú energiatárolás egy lehetséges útja, ha az energiafelesleggel hidrogént állítunk elő, amit hasonlóan lehet tárolni, mint a földgázt, és pl. üzemanyagcellás elektromos gépkocsik hajtóanyaga lehet. Megjegyzem, hogy 2019 végén világszerte már több mint 400 hidrogén-üzemanyagtöltő állomás működött, és három személyautógyár is kínált hidrogénhajtású gépkocsikat. Az akkumulátoros elektromos gépkocsikhoz képest a hidrogénhajtás nagyobb hatótávolságot jelent, a jobb hatásfok miatt kb.  $1\text{ kg}/100\text{ km}$  a hivatalt fogyasztás. Jelenleg a hidrogénhajtású autók még nagyon drágák, az azonos kategóriájú benzinesekhez képest mintegy háromszoros az áruk, de a sorozatnagyság növekedésével az arány csökkenhet. Ma még nem lehet biztosan állítani, hogy a hidrogén

jelentős hányadot fog kitenni 20–30 év múlva az energiafelhasználásban. Más, a szerző által itt nem tárgyalt alternatív elképzelések is vannak, pl. az Oláh György által kidolgozott „metanolgazdaság”, ami talán még távolibb, mint a hidrogénhajtás széles körű elterjedése.

Nagy Tibor

## HÍREK AZ IPARBÓL

### Vegyipari Mozaik

**Páratlan teljesítmények a Magyar Innovációs Nagydíj Pályázaton.** A Magyar Innovációs Nagydíj bírálóbizottsága 69 magyarországi vállalkozás közül választotta ki a 2020. évi innovációs



nagydíjas társaságot, további hét innovációs díjat, valamint az év Startup Innovációs Díját is odaítélte. Az értékelés szempontjai között döntő volt az innovációból elért 2020. évi gazdasági eredmény. Az innovációs nagydíjas társaság kiválasztását titkos szavazással döntötte el.

A 2020. évi Magyar Innovációs Nagydíjban a Richter Gedeon Nyrt. részesült, a Terrosa, egy új bioszimiláris magyar gyógyszer létrehozásáért. Az oszteoporózis (csonttritkulás) kezelésére kifejlesztett Terrosa piacra lépése bizonyítja a bioszi-

miláris koncepció sikerét, hiszen már az első teljes évben 27,237 M EUR árbevételt ért el, megvalósítva ezzel az ideális „invented and made in Hungary” gazdaságfejlesztési koncepciót.

A 2020. évi Ipari Innovációs Díjban az Additive Manufacturing Technologies Hungary Kft. részesült automatikus felületkezelő berendezés fejlesztéséért és gyártásáért, 3D nyomtatott alkatrészekhez. A 2020. évi Informatikai Innovációs Díjban a Tungsram Operations Kft. részesült a vállalat hagyományos képességeinek újrahasznosításáért innovatív területeken (volfrámszálfejlesztés, fenntartható és biztonságos élelmiszer-termelés). A 2020. évi Ipari Innovációs Díjban a TEQBALL Kft. részesült a TEQ LITE, a tömeggyártható, összecsukható Teqball asztal létrehozásáért. A 2020. évi Agrár Innovációs Díjban a KITE Zrt. részesült Precíziós Gazdálkodási Rendszere létrehozásáért, melynek célja, hogy a precíziós megoldásokat a technológiai elemek minél szélesebb körére adaptálják. A 2020. évi Környezetvédelmi Innovációs Díjban a MOL Nyrt. részesült Co-Processing eljárásáért, mely biológiai eredetű és fosszilis hulladék alapanyagok együttes átalakítását jelenti gázolajokká. Az SZTNH 2020. évi Innovációs Díjában a Ha-



gyó Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. részesült a számos szabadalommal védett univerzális lepárlóberendezéséért, mely aroma-profilra kifejlesztett számítógépes vezérléssel rendelkezik. Az MKIK 2020. évi Innovációs Díjában a Graboplast Padlógyártó Zrt. részesült különleges

tulajdonságú padlók fejlesztéséért (önfertőtlenítő felületű közületi padló, tömör és habszerkezetű rétegekből felépülő versenysportpadló).



**A MET lezárta a TIGÁZ-részesedés eladását és egy nap-erőműprojekt megvásárlását.** A MET Csoport részvényadást-vételi szerződést írt alá az OPUS GLOBAL Nyrt.-vel, amelynek keretében eladta az MS Energy Holding AG-ban meglévő 50 százalékos tulajdonrészét, amely közvetetten 49,57 százalékos részesedést biztosított a TIGÁZ Zrt.-ben.

A MET ezzel egyidejűleg egy 77 MWp teljesítményű fotovoltaikus erőműprojekt 100 százalékat vásárolta meg az OPUS GLOBAL Nyrt.-től Buzsákon.

A MET Csoport célja – a megújuló energiaforrások bővítésére vonatkozó stratégia részeként – több mint 500 MWp beépített teljesítménnyel rendelkező megújuló energiaportfólió létrehozása nap- és szélenergiaforrásokból 2023-ig Kelet-Közép-Európában.



**Ha nem süt a nap és nem fúj a szél – digitális megoldás kell.** K+F projekt keretében érkezik a megoldás az időjárásfüggő zöld energiatermelés ingadozásainak kiegyenlítésére. A most induló konzorciumi együttműködés a MET Csoport üzleti tudására és a Navitasoft digitális tapasztalatára épít, amelyek mellé a Dunamenti Erőmű biztosítja a megfelelő infrastruktúrát.

A partnerek azt vizsgálják, milyen alternatív lehetőségei vannak a megújuló energiaforrások hasznosításának, illetve hogyan lehet optimálisan automatizált algoritmusok segítségével kiegyenlíteni az időjárásfüggő termelésingadozást.

A létrejövő aggregátori platform megoldást biztosít majd a különböző energetikai eszközökből álló termelési piac rugalmassá tételéhez. A projekt részeként telepítenek egy közel 4 MW-os, kétórás tárolókapacitású akkumulátortelepet Százhalombattán, a Dunamenti Erőmű területén. A konzorciumi tagok szándéka, hogy a tárolóberendezésen szerzett tapasztalataikkal az aggregátori platformot felkészítsék további, alternatív energiahordozók alapuló villamosenergia-tároló berendezések hatékony befogadására is.



**Megkezdődött a bioüzemanyagok előállítása a Dunai Finomítóban** – összhangban a nemrégiben frissített MOL Group



2030+ „SHAPE TOMORROW” stratégiával. A bioalapanyagot – növényi olajokat, használt ételolajokat és állati zsírokat – a fosszilis komponensekkel együtt dolgozzák fel az üzemanyag-előállítás során, hogy fenntarthatóbb dízelt állítsanak elő.

A MOL célja, hogy frissített stratégiájának megfelelően, fokozatosan egyre több hulladék- és maradék-típusú alapanyagot dolgozzon fel.

A MOL a következő öt évben 1 milliárd dollárt fektet be új, alacsony szén-dioxid-kibocsátású és fenntartható projektekbe, hogy a kelet-közép-európai körforgásos gazdaság kulcsszereplőjévé váljon.

**Ritz Ferenc összeállítása**

## Rendezvénynaplár – 2021

|           |                                 |          |
|-----------|---------------------------------|----------|
| május 21. | Közygylés                       | Budapest |
|           | „Varázslatos kémia” nyári tábor |          |

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy a **személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 777 010 forintot** utal át a NAV Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásait, köszönjük, hogy egyetértene a kémia oktatásért és népszerűsítéséért kifejtett munkánkkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, valamint a 2020-ban tizenkettedszer megrendezett Kémiatábor egyes költségeinek fedezésére használtuk fel, valamint arra a célra, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több, kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

Ezúton is kérjük, hogy a 2020. évi SZJA bevallásakor – értékelve törekvéseinket – éljenek a lehetőséggel és személyi jövedelemadójuk 1%-át ajánlják fel az erre vonatkozó Rendelkező Nyilatkozat kitöltésével.

Felhívjuk figyelmüket, hogy akinek a bevallás pillanatában adótartozása van, az elveszíti az 1% felajánlásának a lehetőségét!

**Az MKE adószáma: 19815819-2-41**

**Felhívjuk szíves figyelmüket, hogy amennyiben a NAV készíti el az adóbevallásukat, úgy külön kell nyilatkozni az 1 százalékról.**

Terveink szerint 2021-ben az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az LII. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, valamint 2021-ben tizenharmadszor szervezendő Kémiatábor egyes költségeinek fedezésére használjuk fel.

Továbbra is céljaink közé tartozik, hogy kiadványaink (KÖKÉL, Magyar Kémikusok Lapja, Magyar Kémiai Folyóirat) eljussanak minél több kémia iránt érdeklődő határon túli honfitársunkhoz.

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXVI. No. 5. May

CONTENTS

*The glory, decline and revival of combinatorial chemistry, and its impact on modern pharmaceutical research. Part III* 134

**GÖRGY DORMÁN**

*Celebrating the 75<sup>th</sup> volume of the Journal*

*An original article by Livia Simon-Sarkadi and a comment by*

**PÉTER BIACS** 139

*Students facing everyday chemistry problems* 145

**ANDREA KISFALUDI and LÍVIA KARAS**

*Khan Academy. An interview with Csilla Kállay* 151

**TAMÁS KISS**

*Cloud poking*

*Imprisonment for alkylating* 152

**DEZSŐ CSUPOR**

*Acoustic levitation of liquid drops. Containerless and contactless manipulation* 153

**TIBOR BRAUN**

*Robert W. Gore and the Gore-Tex®* 158

**CSABA KUTASI**

*Pál Simon (1929–2021)* 158

**LÁSZLÓ RÁCZ**

*Book review*

*People and molecules (by Miklós Simonyi)* 159

**TAMÁS KISS**

*Chembits* 160

**GÁBOR LENTE**

*News of the Month* 162



# 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 hármaskvadrupol tömegspektrometriás rendszerei kiemelkedő precizitást biztosítanak a mennyiségi meghatározási feladatokra. Nagy felbontású SRM üzemmód, robusztusság, megbízhatóság és érzékenység egy készülékben, mely segítségével minden felhasználó a mérendő komponenstől vagy a mátrixtól függetlenül megbízható mérési eredményekhez juthat.



Thermo Scientific™ TSQ Altis™  
hármaskvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Quantis™  
hármaskvadrupol tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Fortis™  
hármaskvadrupol 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