

A TARTALOMBÓL:

- Tévhitok
a kémia oktatásában
- Messenger RNS-terápia
- Hatástalanok
a köhögéscsillapítók?
- Játék molekulákkal
és reagensekkel
- Chemistry in Europe, 2019/1



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXIV. ÉVFOLYAM • 2019. ÁPRILIS • ÁRA: 850 FT

A fullerén-paradoxon



A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával készült

vario TOC cube

110 év tapasztalat ereje a gyakorlatban!

automata mintaváltás folyadék és szilárd mintákhoz

0,003 – 60 000 mg/l TOC

0,020 – 50 000 mg/l TN

szelektív só és hamu leválasztó

zajmentes digitális detektálás

égetés 900 - 2 000 °C

lépcsőzetes kiépíthetőség

internetes távfelügyelet

automata kalibráció

10 év kemence-garancia





MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXIV. évf., 4. szám, 2019. április



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

Szerkesztőség:

Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
[SEKERES 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

Email: 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
ügyvezető igazgató

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank
10700024-24764207-51100005 sz.
számlájára „MKL” megjelöléssel
Előfizetési díj egy évre 10 200 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 számainak tartalma,
az összefoglalók és egyesületi híreink,
illetve archivált számainak honlapunkon
(www.mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541

HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)

HU ISSN 1588-1199 (online)

DOI: 10.24364/MKL.2019.04

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

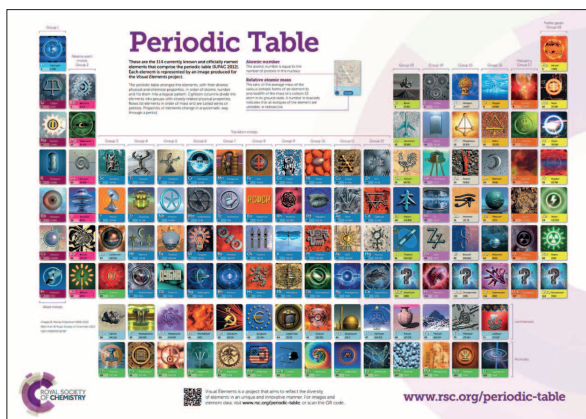


Biztos vagyok abban, hogy hűséges olvasóinkat nem kell arra bíznom, hogy átolvassák az áprilisi lapot, mert megteszik ezt hónapról hónapra. Minden tagtársunk, előfizetőnk és azok érdeklődő rokonai, ismerősei és munkatársai találnak alkalmas olvasnivalót ebben az éppen tíz esztendő előtt megújult folyóiratban. Utóbbi gondolat többször elhangzott a Magyar Kémikusok Lapja szerkesztőbizottsági összejövetelén is, február 18-án. De a felelős kiadó, Androsits Beáta azon információja is, hogy a lap postázásával kapcsolatban anyagi gondok vannak, miszerint az Egyesület nem tudja viselni a megemelkedett postaköltségeket. Ebben a kérdésben is döntést kell hoznia az Intézőbizottságnak vagy az

MKE tisztújító Küldöttközgyűlésének, amelyet május 24-én tartunk a Fasori Evangélikus Gimnáziumban.

Visszatérve a mostani, áprilisi számra, több ajánlanivalóm is akad. Mindenekelőtt egy személyes indíttatású: Tomasz Jenő írása, „Kutatópályám emlékezete” címmel. A ma 84 éves Tomasz Jenő diákeveiről sokat hallottam és olvastam Kucsman Árpád professzortársától és barátjától, akivel az Eötvös Collegiumból ismerték egymást, majd a honi szerves kémia meghatározó egyéniségeivé (oktatóivá) váltak.

Kutasi Csaba rendkívül szép ábrákkal illusztrált cikke a nem vegyész hivatású vagy fiatal olvasóknak is ajánlható, akik a viszkóz történetével ismerkedhetnek meg. Szórakoztató, okos írás. Hasonlóan a periódusos rendszer történetével foglalkozó Lente-cikkhez. Utóbbinak bizonyosan folytatása is lesz, hiszen az elemek periódusos rendszerének éve van.



Tömpe Péter

a szerkesztőbizottság tagja
a Szerves- és Gyógyszer-analitikai
Szakcsoport elnöke

TARTALOM

HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTAKOZÁSA

Kiss Loránd: Fluorozások az SZTE Gyógyszerkémiai Intézetében:
játék a molekulákkal és a reagensekkel

106

KÖZOKTATÁS – TANÁRI FÓRUM

Tóth Zoltán: Tévhitek a kémia oktatásában

111

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Braun Tibor: A fullerén-paradoxon

115

Jó hírt hoz a messenger RNS. Beszélgetés **Karikó Katalin** professzorról

118

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Tomasz Jenő: Kutatópályám emlékezete

121

Kutasi Csaba: 125 éves a viszkóz

123

AZ ELEMEL PERIÓDUSOS RENDSZERÉNEK NEMZETKÖZI ÉVE

Lente Gábor: Sosemvolt elemek. Didímiám

128

Chemistry in Europe, 2019/1

129

KITEKINTÉS

Csupor Dezső: Ködpiszkáló. Hatástalanok a köhögéscsillapítók
– hazudik a statisztika?

133

VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata

134

EGYESÜLETI ÉLET

137

A HÓNAP HÍREI

139



Címlapunkon:
A Montreali Bioszféra
geodéziai kupolája,
amely Buckminster
Fuller terve alapján
készült
(fotó: Ralf Roletschek/
Roletschek.at)



Kiss Loránd

■ SZTE Gyógyszerkémiai Intézet

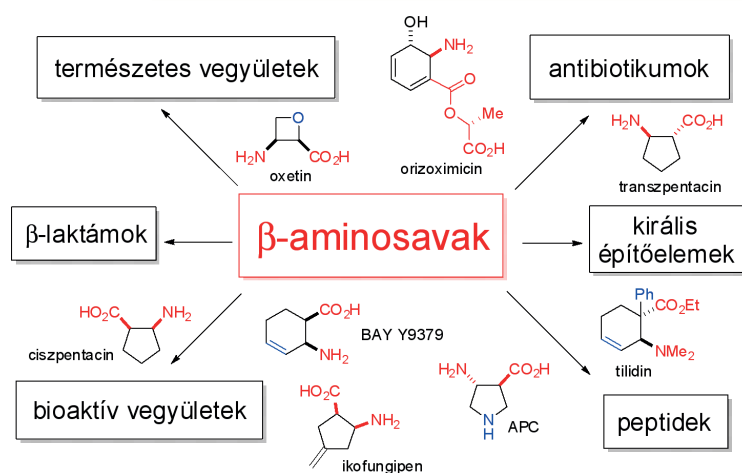
Fluorozások az SZTE Gyógyszerkémiai Intézetében: játék a molekulákkal és a reagensekkel

A Szegedi Tudományegyetem Gyógyszerkémiai Intézetének nemzetközi mércével mérve is magas színvonalú kutatási irányvonalait már évtizedekkel korábban két kiváló kémikus, Bernáth Gábor és Fülöp Ferenc tevékenysége határozta meg. Az ő nevükhöz fűződik az intézetben egy új kutatási terület megalapozása, a ciklusos β -aminosavak kémiája, amely területen, mai szemmel nézve, a nemzetközi kémikustársadalom egyik vezető kutatócsoportja az SZTE Gyógyszerkémiai Intézete. Ezt jól jelzi az elmúlt két és fél évtizedben az ezen a tudományterületen megjelent publikációk, illetve szabadalmak száma és színvonala.

Az antifungális hatású *ciszpentacin* cik-

lopentánvázis β -aminosavnak 1990-es felfedezésével kezdődően a ciklusos β -aminosavakra, illetve származékaikra egyre növekvő figyelem irányult az elmúlt 25 évben. Jóllehet nem annyira elterjedtek, mint α -analógjaik, a β -aminosavak is előfordulnak a természetben, illetve bioaktív vegyületek kulcselemei lehetnek. Néhány kismolekulájú ciklusos β -aminosav, a *ciszpentacin* mellett például az *oxetin*, az *orizoximicin*, a BAY9379 vagy az *ikofungipen*, antifungális, illetve baktériumellenes hatással rendelkezik (1. ábra) [1, 2].

A ciklohexénvázis, fenil-szubsztituált β -aminoészter, a *tilidin* forgalomban levő analgetikum. A ciklusos, konformációsan gátolt β -aminosavak különböző új típusú,

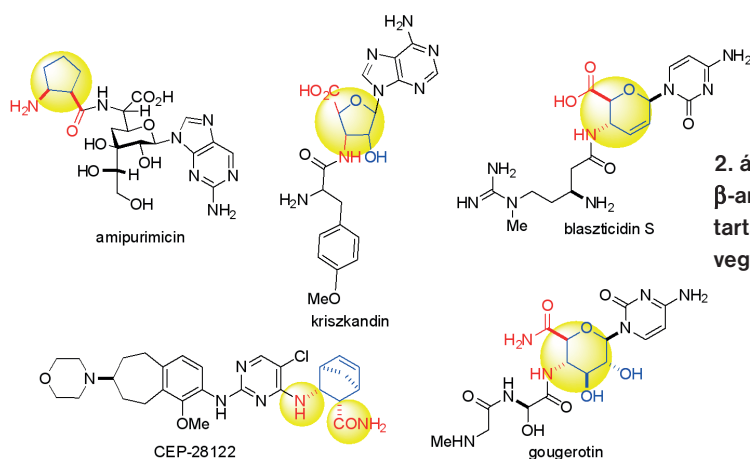


1. ábra. Néhány kis molekulájú ciklusos β -aminosav

biológiailag aktív peptidok építőelemeiként alkalmazhatók. A hetero-, illetve karbociklusos β -aminosavak, amelyeknek karboxil-, illetve aminocsoportjai sztereogén centrumhoz kapcsolódnak, nemcsak kismolekulájú egységekként, hanem komplexebb szerkezetű bioaktív vegyületek, úgy-

mint antibiotikumok, tumor-, illetve vírusellenes szerek komponenseiként (*amipurimicin*, *kriszkandin*, *blaszticidin* stb.) is ismertek (2. ábra) [1, 2].

Miután a Debreceni Egyetemen 2002-ben megszereztem a PhD-fokozatot (témavezetőm Antus Sándor volt), bekapcsolód-



2. ábra. Ciklusos β -aminosavelemet tartalmazó bioaktív vegyületek



Ennek eredményeként a funkcionális ciklusos aminosavszármazékok, bioaktív vegyületek analógjainak szintézisei egyre növekvő figyelmet nyertek az elmúlt két

Biológiai jelentőségüknek köszönhetően a fluortartalmú szerves molekulák egyre nagyobb figyelmet nyertek az elmúlt években. A fluor latin eredetű szó, jelentése „folyás, olvadás”, a halogének közül a legreaktívabb, az összes közül pedig a leg-

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.kkf-optika.hu/periodos/en/>

GROUP
IA

I	H
---	---

PERIOD

RELATIVE ATOMIC MASS (A_r)

MetalSemimetalNonmetal

II	He
----	----

- F-atom: nagy elektronegativitás, kis térfogat

- C–F kötés (485 kJ/mol, 116 kcal/mol):

- oxidatív, termikus és metabolikus stabilitás
- poláros jelleg

- H–F csere: fizikai kémiai és biológiai tulajdonságok nagyfokú változása

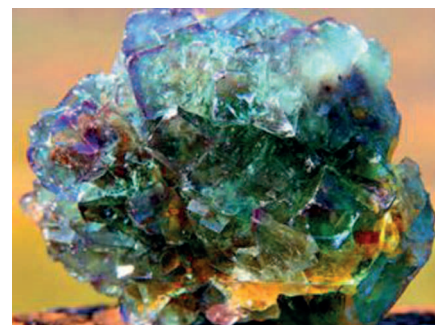
- a molekula sav-bázis tulajdonságainak megváltozása
- magas dipólusmomentum, hidrogénkötések
- hidrofób jelleg (poláros hidrofób tulajdonság)
- reaktivitás, stabilitás

- biológiai tulajdonságok megváltozása

- fluortartalmú szerves vegyületek: a természetben ritkák;
a jelenleg forgalomba kerülő gyógyszermolekulák

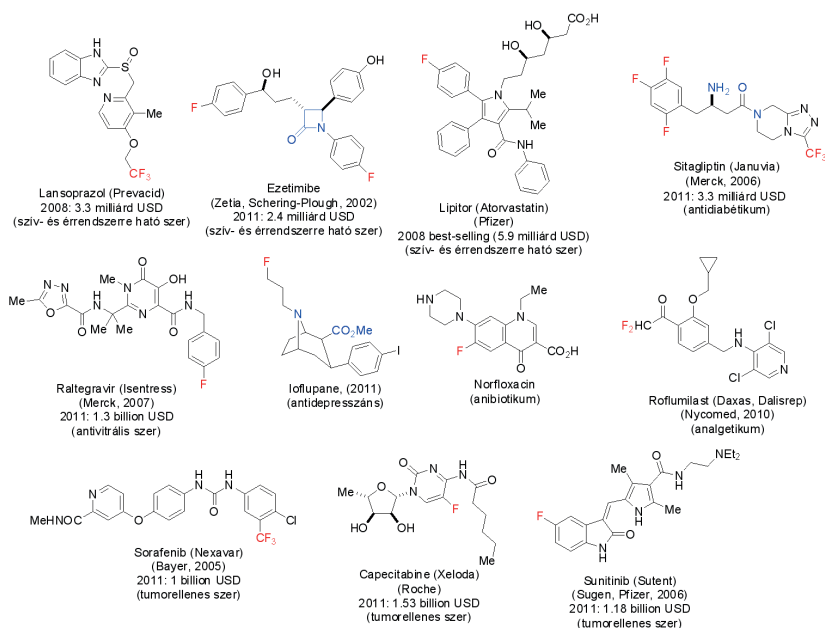
≥e legalább egy fluoratomot tartalmaznak

light © 1998-2003 Envisi, modified open by
168.937 70 173.04 71 174.97
Lu Yb Lu
LUTETIUM Ytterbium Lutetium



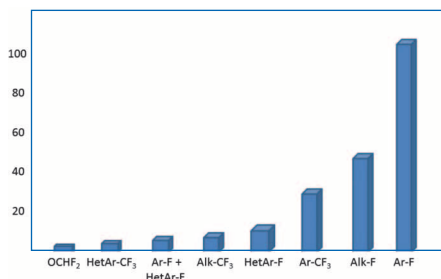
elektronegatívabb elem. Annak ellenére, hogy a fluor a 13. legelterjedtebb elem (a halogének közül pedig a legelterjedtebb) a természetben nem fordul elő elemi állapotban, majdnem kizárólag szervesetlen vegyületekben – úgy, mint a NaF , CaF_2 (fluorit, lásd a képen), Na_3AlF_6 (kriolit), $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ (fluorapatit). Ismereteink szerint a természetben mindössze tizenhárom szerves fluorortartalmú molekula létezik, ezért a fluorortartalmú szerves vegyületek laboratóriumi és ipari szintéziseire egyre nagyobb figyelem irányult az elmúlt két évtizedben, különösen a különböző bioaktív természetes vegyületek fluorozott analógjainak szintézisei nyertek jelentős szerepet. A fluoratomra jellemző a kis térfogat ($0,64 \text{ \AA}$ atomi rádiusz), nagy elektronegativitás ($4,0$ pauling), valamint a szén–fluor kötés poláros, nagy energiájú (485 kJ/mol ; kötéshossz: $\text{sp}^3 \text{ C-F} = 1,39 \text{ \AA}$, $\text{sp}^2 \text{ C-F} = 1,34 \text{ \AA}$) kötés.

A fluoratom valamint a szén-fluor kötés sajátos tulajdonságainak köszönhetően, ha egy adott molekulában egy hidrogénatomot vagy egy funkciós csoportot fluoratomra cserélünk, nagymértékben megváltoznak a molekula fizikai, kémiai illetve biológiai tulajdonságai (**5. ábra**) [7]. Ha egy hatóanyagba fluoratomot viszünk be, ez általában a hatás megnövekedésével jár. Jóllehet a fluortartalmú szerves molekulák gyakorlatilag hiányoznak a természetből, érdekes módon a napjainkban forgalomba kerülő gyógyszermolekulák mintegy 25%-a tartalmaz legalább egy fluoratomot (1970-ben ez az arány még csak 2% volt, mivel sokáig a fluort abiotikus elemnek tartották). Az elmúlt évek legnagyobb bevételeit hozó első száz gyógyszer között mintegy 20–25 darab fluortartalmú gyógyszer is megtalálható. Várhatóan arányuk a gyógyszerkincsen belül az elkövetkező években tovább fog növekedni. A fluortartalmú szerek gyakorlatilag minden típusú hatóanyag esetében megtalálhatók, számos képviselőjük jelentős, nagy forgalmú, illetve *blockbuster* gyógyszer (**6. ábra**) [7–9].



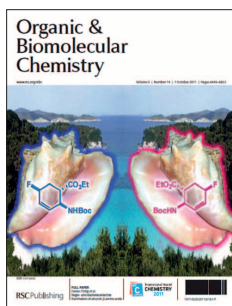
6. ábra. Néhány nagy forgalmú, fluortartalmú gyógyszer szerkezete

A fluor gyakran szubsztituensként, például aril-fluor, alkil-fluor, aril-trifluor alakban fordul elő a bioaktív vegyületekben. A fluor funkció legfontosabb előfordulási típusait a különböző gyógyszerhatóanyagokban (2008) a 7. ábra foglalja össze.



7. ábra. A fluor, illetve a fluortartalmú funkció legfontosabb előfordulási típusai a különböző gyógyszerhatóanyagokban

A fluortartalmú α -, γ -, illetve aciklusos β -aminosavak és származékaik is jelentős vegyületcsaládot alkotnak. Számos képviselőjük antibakteriális, illetve tumorellenes hatást is mutat, valamint biológiailag értékes peptidok építőelemeiként is ismertek. Jóllehet az irodalomban számos leírást találunk mono-, di-fluor-, illetve trifluorometilcsoportot tartalmazó



α -, γ - vagy pedig nyílt láncú β -aminosav-származékokról, meglepetésünkre a fluortartalmú ciklusos β -aminosavak gyakorlatilag ismeretlenek voltak. Tudásunk szerint 2011-ig mindössze három közleményben számoltak be ilyen szerkezetű

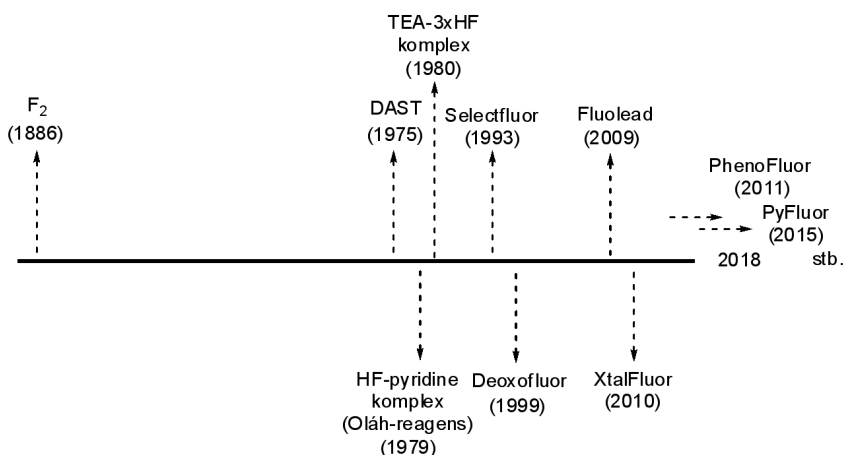
származékokról [7]. Ennek eredményeképpen kézenfekvő elképzelésnek bizonyult a hiány pótlása. A Gyógyszerkémiai Intézet III-as (korábban II-es) számú laboratóriumának kis számú, de annál lelkesebb kutatócsoportja részvételével (Nonn Melinda, Ábrahám Renáta, Remete Attila Mária, Vasvári Kitti kísérletes munkájuk révén, Forró Enikő enzimikus kísérletei, illetve Fülöp Ferenc és a magam közreműködésével) célunk volt a ciklusos β -aminosavak területén korábban már megszerzett ismereteink felhasználásával könnyen kivitelezhető, új szintézisteknikák kidolgozása fluor-

tartalmú ciklusos β -aminosavszármazékok szintéziseire [10]. A kutatómunka ugyanakkor részben egy kétoldalú kooperáció eredménye is, 2010-től kezdődően a mai napig a Valenciai Egyetem Szerves Kémiai Tanszékével (Santos Fustero) együttműködve dolgoztunk (dolgozunk tovább) ezen a területen, ebben az időszakban számos alkalommal látogattuk meg a partnerintézményt is.

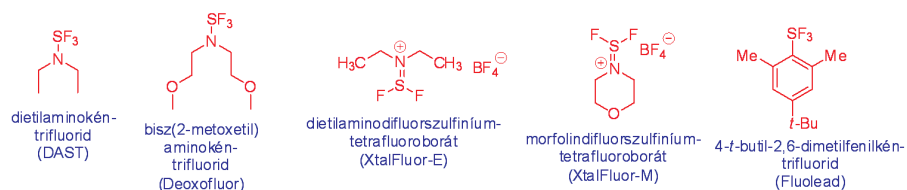
Kutatómunkánk során célunk volt olyan szelektív és sztereokontrollált stratégiák kidolgozása királis információkban gazdag, több sztereogén centrumot is tartalmazó, polifunkcionalizált fluortartalmú ciklusos β -aminosavszármazékok szintéziseire, amelyek általánosan alkalmazhatóak, kiterjeszthetők más vegyületcsaládokra, például multifunkcionális aliciklusok, illetve heterociklusok előállítására is. A fluoratomnak szerves molekulákon történő kiépítésére számos, a kereskedelmi forgalomban is kapható elektrofil, illetve nukleofil fluorozó reagens áll rendelkezésünkre napjainkban. Az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb számú ilyen típusú reagens fejlesztése történt meg, amelyek kiindulási anyagai az elemi fluor, a CaF_2 , illetve a HF (8. ábra).

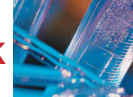
A fluoratom szerves molekulákba történő bevitelére két megközelítés alkalmazható: az egyik a közvetlen, végső fázisban, úgynevezett *late-stage* nukleofil fluorozás, amely során kiépítik a hidroxil- vagy oxocsoportot, majd a végén ezt cserélik fluor-, illetve geminális difluorcsoportra fluorozó

8. ábra. Néhány fontosabb fluorozó reagens forgalomba kerülésének éve



9. ábra. Néhány, kereskedelmi forgalomban elérhető nukleofil fluorozó reagens





reagensekkel (pl. DAST, Deoxofluor, Xtal-Fluor, Fluolead stb.) (9. ábra).

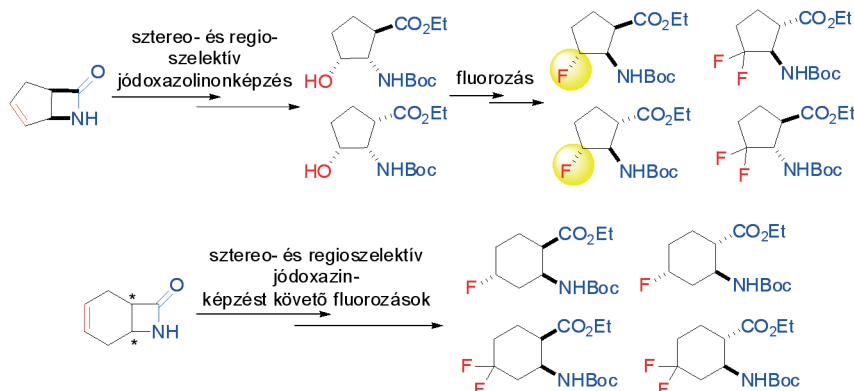
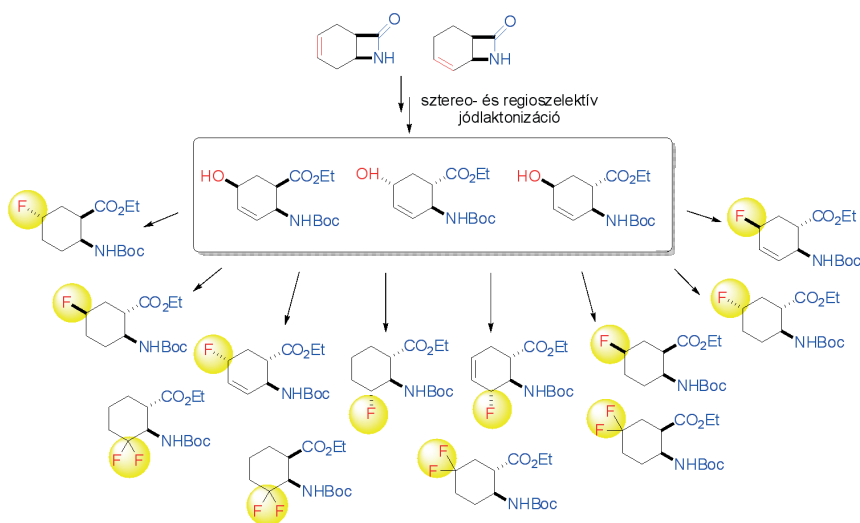
Megjegyzendő, hogy a Deoxofluort és az XtalFluor-E-t forgalmazó Sigma-Aldrich honlapján két közleményünk is szerepel referenciaként. Esetünkben a ciklusos aminosavszármazékok regio-, illetve sztereoszelektív hidroxilezésének megvalósítása volt az egyik célunk.

A másik megközelítés szerint fluortartalmú építőelemek felhasználásával történik meg a fluort tartalmazó célvegyületek szintézise. Ezt akkor célszerű alkalmazni, amikor a „late-stage” eljárás nehézkesen kivitelezhető, a molekulák bomlanak a reakció körülményei között. Esetünkben fluortartalmú aminosav felhasználásával történtek a célvegyületek szintézisei.

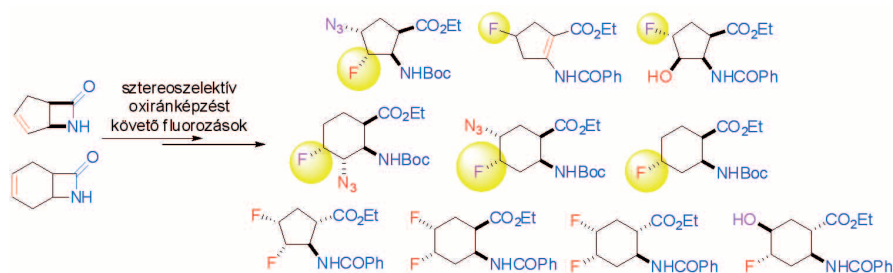
Szintéziseinkhez a kiindulási anyagok a könnyen hozzáférhető telítetlen biciklusos β -laktámok, illetve a telítetlen karbociklusos β -aminosavak voltak, amelyeknek ketős kötés funkcionálisításaira különféle sztereoszelektív, illetve sztereokontrollált technikákat alkalmaztunk:

- i) regio- és sztereoszelektív jódlaktonizáció,
- ii) regio- és sztereoszelektív jódoxazin-, illetve oxazolinoképzés,
- iii) sztereoszelektív epoxidálást követő regioszelektív oxiránnyítás,
- iv) sztereoszelektív aziridinálást követő regioszelektív aziridin gyűrűnyitás,
- v) oxidatív gyűrűnyitást követő átalakítások „late-stage” technikával, illetve fluorozott építőelemekkel.

10. ábra. Fluortartalmú β -aminosavszármazékok szintézisei regio- és sztereoszelektív jódlaktonizációt követő deoxofluorozásokkal



11. ábra. Fluortartalmú β -aminosavszármazékok szintézisei regio- és sztereoszelektív jódoxazin-, illetve jódoxazolinoképzést követő deoxofluorozásokkal



12. ábra. Fluortartalmú β -aminosavszármazékok szintézisei sztereoszelektív oxirán-képzést követő fluorozásokkal

A szintézisek során a sztereoszelektivitás és a sztereokontroll mellett a szubsztatrátírást tanulmányoztuk, valamint eljárásokat dolgoztunk ki enantiomerek szintéziseire is.

A ciklohexénvázas β -aminosavakból kiindulva, a jódlaktonizáció alkalmazásával, szterikus tényezők eredményeként regio-, illetve sztereoszelektíven a karbociklus 3-as, illetve 5-ös helyzetű C-atomjain alakítottuk ki a hidroxil-, illetve az oxofunkciókat (10. ábra) [11–12].

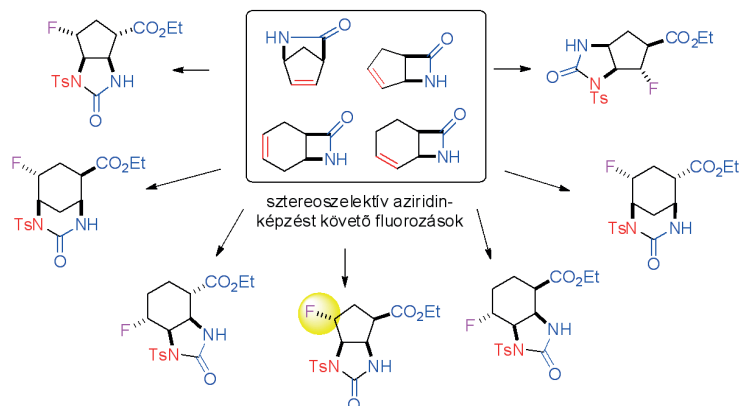
Az öt-, illetve hattagú ciklusos β -ami-

nosavakból regio- és sztereoszelektív jódoxazin-, illetve jódoxazolinoképzéssel, sztereokémiai tényezők hatására, a gyűrű 3-as, illetve 4-es szénatomján építettük ki a hidroxil-, illetve karbonilfunkciókat, melyek deoxofluorozása a megfelelő fluortartalmú származékokat szolgáltatja (11. ábra) [13–14].

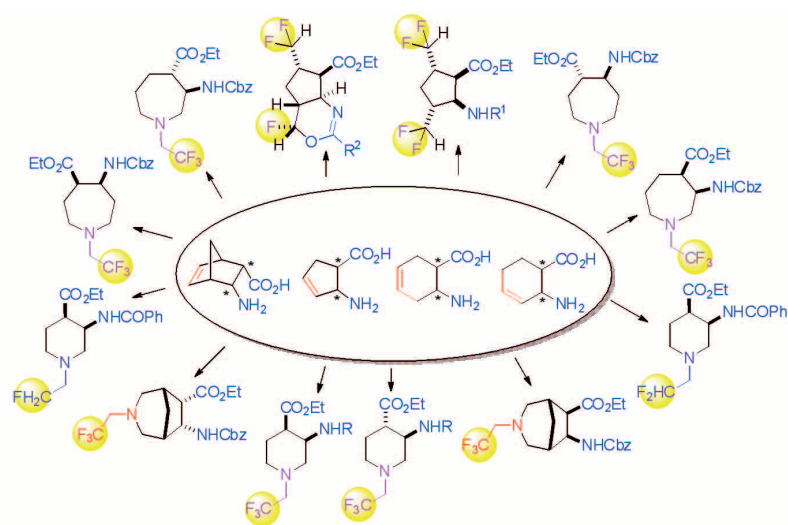
A β -aminoészterekből, a gyűrű olefin-kötésének hidrogénkötéses irányító hatásának köszönhető sztereoszelektív epoxidálását követő regioszelektív oxiránnyítás, majd az ezt követő deoxofluorozás a fluortartalmú vegyületeket eredményezte. Új, az irodalomban eddig nem ismert eljárást dolgoztunk ki az oxirángyűrű fluoriddal (Deoxofluor) történő nyitására (12. ábra) [15–18].

Nemrégiben új eljárást dolgoztunk ki az aziridinváz fluoriddal történő nyitására. Az XtalFluor segítségével, egy új és hatékony, általánosan is alkalmazható módszerrel sikerült fluoratomot szerves molekulákba bevinni. A ciklusos β -aminosavak esetében a sztereoszelektív aziridinálást követő heterogyűrűnyitással számos fluortartalmú származékot sikerült szintetizálni (13. ábra) [19–20].

A telítetlen ciklusos β -aminosavak gyűrűjének oxidatív nyitásával képződő diformil-intermedierek Deoxofluorral történő átalakításai kemoselektíven játszódtak le, aminek eredményeként változatosan funk-



13. ábra. Fluortartalmú aminosavszármazékok szintézisei sztereoszelektív aziridin-képzést követő fluorozásokkal



14. ábra. Fluortartalmú β -aminosavszármazékok sztereokontrollált szintézisei oxidatív gyűrűnyitást követő fluorozásokkal



cionalizált, fluortartalmú származékokhoz jutotunk. A diformilszármazékok redukzív aminálás körülményei között, gyűrűbővüléssel N -heterociklusos származékokat szintetizáltunk. Az átalakulások kontrollált módon történtek, a kiindu-

lási vegyületek szerkezete meghatározta a termékek kiralitáscentrumainak konfigurációját (14. ábra) [21–24].

Elmondható, hogy az elmúlt néhány év kutatómunkája során egyszerű és hatékony szelektív szintézismódszereket dolgoztunk ki a telítetlen ciklusos β -aminosavak ket-tős kötéseinek funkcionálisításaira, ennek eredményeként pedig nagyszámú, változatosan szubsztituált, nagyfokú kémiai diverzitással rendelkező, illetve fluortartalmú származékot állítottunk elő. Jóllehet a háromdimenziós, szintetizált vegyületek potenciálisan biológiailag értékesek is lehetnek (antifungális, antivirális stb.), kutató-

munkánk során elsősorban e vegyületek előállítására alkalmazható szelektív és kontrollált szintézisutak kidolgozására fókuszáltunk, amely szintézistechnikák várhatóan más típusú szerves molekulák, így további polifunkciós fluortartalmú vegyületcsaládok szintéziseire is alkalmasak lehetnek. A királis információkban gazdag, multifunkcionalizált vegyületek, illetve épí-

tőelemek szintéziseire egyre növekvő igény van, ezért kutatási eredményeink nemcsak szintetikus kémiai szempontból, hanem gyakorlati szempontból is jelentősek lehetnek a peptidkémia illetve a gyógyszerkutatás számára is.

IRODALOM

- [1] Kiss L, Fülöp F, Chem. Rev. (2014) 114, 1116.
- [2] Kiss L, Mándity IM, Fülöp F, Amino Acids (2017) 49, 1441.
- [3] Kiss L, Cherepanova M, Forró E, Fülöp F, Chem. Eur. J. (2013) 19, 2102.
- [4] Remete AM, Nonn M, Fustero S, Haukka M, Fülöp F, Kiss L, Beilstein J. Org. Chem. (2017) 13, 2364.
- [5] Nonn M, Kiss L, Hänninen M, Fülöp F, RSC Advances (2015) 5, 13628.
- [6] Kardos M, Kiss L, Haukka M, Fustero S, Fülöp F, Eur. J. Org. Chem. (2017) 1894.
- [7] Fluorine in Pharmaceutical and Medicinal Chemistry: From Biophysical Aspects to Clinical Applications. Edited by Gouverneur, V. and Müller, K. Imperial College Press, London 2012.
- [8] Wang J, Sánchez-Roselló M, Aceña JL, del Pozo C, Sorochinsky AE, Fustero S, Soloshonok VA, Liu H, Chem. Rev. (2014) 114, 2432.
- [9] Zhou Y, Wang Y, Gu Z, Wang S, Zhu W, Acena JL, Soloshonok VA, Izawa K, Liu H, Chem. Rev. (2016) 116, 442.
- [10] Kiss L, Fülöp F, The Chem. Rec. 2018, doi: 10.1002/tcr.201700038.
- [11] Kiss L, Forró E, Fustero S, Fülöp F, Org. Biomol. Chem. (2011) 9, 6528.
- [12] Kiss L, Forró E, Fustero S, Fülöp F, Eur. J. Org. Chem. (2011) 4993.
- [13] Kiss L, Nonn M, Forró E, Sillanpää R, Fustero S, Fülöp F, Eur. J. Org. Chem. (2014) 4070.
- [14] Kiss L, Nonn M, Sillanpää R, Fustero S, Fülöp F, Beilstein J. Org. Chem. (2013) 9, 1164.
- [15] Kiss L, Remete AM, Nonn M, Fustero S, Sillanpää R, Fülöp F, Tetrahedron (2016) 72, 781.
- [16] Kiss L, Forró E, Sillanpää R, Fülöp F, J. Org. Chem. (2007) 72, 8786.
- [17] Kiss L, Forró E, Fülöp F, Tetrahedron (2012) 68, 4438.
- [18] Remete AM, Nonn M, Fustero S, Fülöp F, Kiss L, Molecules (2016) 21, 1943.
- [19] Nonn M, Kiss L, Haukka M, Fustero S, Fülöp F, Org. Lett. (2015) 17, 1074.
- [20] Nonn M, Kiss L, Forró E, Sillanpää R, Fülöp F, Tetrahedron (2014) 70, 8511.
- [21] Kiss L, Nonn M, Sillanpää R, Haukka M, Fustero S, Fülöp F, Chem. Asian J. (2016) 11, 3376.
- [22] Abrahámi RA, Kiss L, Barrio F, Fülöp F, Tetrahedron (2016) 72, 7526.
- [23] Abrahámi RA, Kiss L, Fustero S, Fülöp F, Synthesis (2017) 49, 1206.
- [24] Kiss L, Petrovskí Á, Vass C, Nonn M, Sillanpää R, Haukka H, Fustero S, Fülöp F, ChemistrySelect (2017) 2, 3049.



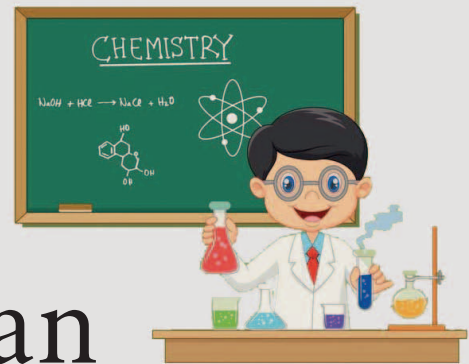
A Gyógyszer-kémiai Intézet III-as számú laboratóriumának csoportja



Tóth Zoltán

■ Debreceni Egyetem TTK Kémiai Intézet | tothzoltandr@gmail.com

Tévhitek a kémia oktatásában



A mikor megkaptam a felkérést, hogy írjam le véleményemet a kémiaoktatás problémáiról, lehetőségeiről és jövőjéről, sokáig gondolkodtam, hogy mi újat tudnék én mondani azon kívül, amit korábbi írásaimban már leírtam. Készíthetnék egy összegző tanulmányt az elmúlt negyedszázad során szerzett oktatási és kutatási tapasztalataimból, de ezt lényegében már megtettem [1], megismétlése sem nekem, sem az Olvasónak nem lenne kedvére. Végül – hosszas töprengés után – úgy döntöttem, hogy egy provokatív, vitára ingerlő írást készítek, melyben – átmenetileg feladva a bizonyítékokon alapuló oktatásba vetett hitemet – keverednek a tényeken alapuló kijelentések a szubjektív kinyilatkoztatásokkal.

1. tévhit:

A kémiai ismeretek egymásra épülése miatt csak a kémia tudományának logikája szerint felépülő tananyag oktatása lehet eredményes

Valószínűleg a kedves Olvasó sem úgy tanult meg szövegszerkesztővel dolgozni vagy számítógépes bemutatót készíteni, hogy a kettes számrendszerrel elindulva először megismerkedett a programozás alapjaival és a számítógép működésével. Nem, nem így tanulunk! Adott egy probléma, és annak mielőbbi megoldására koncentrálván, célirányosan csak azokra az ismeretekre koncentrálnak, amelyek a probléma megoldásához – szerintünk – szükségesek (próbálgatunk, segítséget kérünk, utánanézzünk stb.). Norman Reid a glasgow-i egyetem professzora egy 2000-ben megjelent tanulmányának ezt a címet adta: „A kémia bemutatása: logikusan felépített vagy alkalmazásokon alapuló?” [2]. Tanulmányában abból indul ki, hogy a (skót) középiskolásoknak körülbelül 1%-a tanul tovább kémiai jellegű szakokon és körülbelül további 2%-a olyan szakokon, melyek igénylik a kémiai alapot. Semmi nem indokolja tehát, hogy a tanulók 3%-a miatt a tanulók gondolkodásától nagyon idegen, a kémia tudományának logikája alapján rendezett sorrendben tanítsuk a kémiai ismereteket. Erre a logikára jellemző, hogy az anyag felépítéséből és szerkezetéből vezeti le az anyag tulajdonságait, reakcióit, és végül – sokszor csak megjegyzésként – megemlíti az anyagok alkalmazását, mindennapi életünkben betöltött szerepét. A kémia tudományának logikáján alapuló rendszerezés hasznos és célravezető azok számára, akiknek már kellő mennyiségű és mélységű kémiai ismerete van. Ezért (is) találkozunk ez a típusú tananyag-feldolgozás a kémiatanárok jelentős részének tetszésével. Pedig sokkal életszerűbb – és a tanulók gondolkodásához közelebb áll – a fordított feldolgozási sorrend, azaz egy jól megválasztott, a tanulókat is érdeklő gyakorlati probléma tárgyalása so-

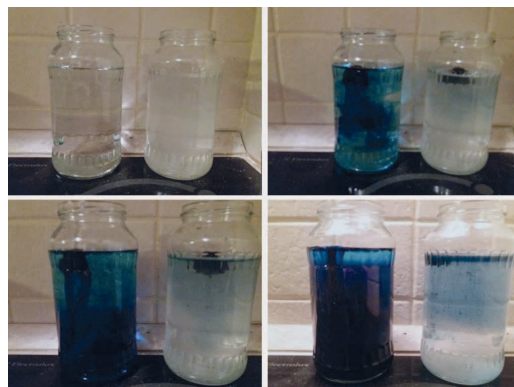
rán jutunk el az anyag fizikai és kémiai tulajdonságainak, szerkezetének, felépítésének bemutatásához. Nagyon fontos, hogy a kiinduló probléma a tanulók számára releváns gyakorlati alkalmazási probléma legyen. Nem szerencsés például az ipari folyamatok bevezető tárgyalása, hiszen azok általában nagyon távol állnak a tanulóktól, és így nem sok esély van arra, hogy felkeltik a tanulók érdeklődését. Sokkal érdekesebb lehet például annak megbeszélése, hogy mik azok az E-számok, hogyan működik a légszák vagy mi a gluténérzékenység kémiai vonatkozása. Ugyanakkor azt is látnunk kell, hogy a tudomány logikája szerinti építkezés egyértelmű, előre jól megtervezhető. Ezzel szemben a tanulókat jobban érdeklő, alkalmazásközpontú (kontextus alapú) feldolgozás – a tanulócsoport összetételétől, felkészültségétől, motiváltságától, érdeklődésétől, hétköznapi tapasztalataitól függően – korántsem egységes, nehezebben tervezhető és sikere nagymértékben függ a tanár felkészültségétől, rugalmasságától.

2. tévhit:

A jelenlegi kémiaoktatás azért nem eredményes és a tanulók azért nem szeretik a kémiát, mert a tanárok nem kísérleteznek a kémiaórákon

Sajnos, a probléma nem ilyen egyszerű. Ha pusztán kísérletezéssel meg lehetne oldani, hogy a tanulók tudják és szeressék a kémiát, akkor – biztos vagyok benne – szinte minden tanár kísérletezne a kémiaóráin. A tanulók valóban nagyon szeretik a kísérleteket, különösen azokat, amelyek látványosak, színesek, robannak stb. De többségük számára ez nem több mint egy szóra-

A kísérlet szembesít elképzelésünk helyes vagy helytelen voltával. Sóoldatban sokkal lassabban olvad meg a metilénkékkel megfestett jégkocka, mint desztillált vízben





koztató cirkuszi mutatvány. Szinte minden tanár szembesül ezzel a ténnyel, amikor a tanulónak a kísérletet elemeznie, vagy csak egy későbbi alkalommal felidéznie kell.

A kémiai kísérletek legfontosabb célját a következőképpen fogalmazhatjuk meg [3]:

1. A természettudományos fogalmak megértésének elősegítése, és a tanulók szembesítése meglévő fogalmaikkal.
2. Olyan kognitív képességek fejlesztése, mint a problémamegoldás, a kritikus gondolkodás és a döntéshozatal.
3. A gyakorlati képességek, köztük a kézügyesség fejlesztése.
4. A tudományos kutatás természetének, a tudományos módszerek sokszínűségének bemutatása.
5. A tudományos kutatás olyan alapvető fogalmainak kialakítása, mint például a probléma megfogalmazása és a hipotézisalkotás.
6. Olyan tudományos viselkedésformák fejlesztése, mint például az objektivitás és a kíváncsiság.
7. A természettudományok iránti érdeklődés felkeltése.

Ezek a célok azonban csak rendkívül átgondolt laboratóriumi munkával, kísérletezéssel valósíthatók meg. Ma már tisztán látjuk, hogy a kísérletezés során nagyon sok tanítási és tanulási nehézséggel kell megküzdeni. A tanítási problémák egyik legjelentősebb forrása az, hogy a kísérletek többsége úgynevezett verifikáló kísérlet, tehát valami olyat mutatunk be vagy tanulmányozunk, amit már ismerünk, amivel korábban már foglalkoztunk. Az iskolai kísérletezés hatékonysága azért olyan alacsony, mert a kísérletek gyakran elszakadnak az elmélettől, és többnyire szakácskönyvszerűen írják elő, hogy mit is kell csinálni a tanulónak. A konstruktivista értelmezés szerint a tanulás dinamikus folyamat, amelyben a tanuló aktívan alakítja tudását az új ismeretek és a már meglévő tudásának az összevetésével. Ebből a szempontból a kémiai kísérletek alapvető fontosságúak, amennyiben lehetővé teszik egyrészt új ismeretek, tapasztalatok szerzését, másrészt a már meglévő ismeretek adaptívitásának ellenőrzését. Erre csak a jól megválasztott és megfelelő módon végrehajtott kémiai kísérlet alkalmas.

3. tévhit:

A kémiai számítások fejlesztik a tanulók problémamegoldó képességét, és elengedhetetlenek a fogalmi megértés szempontjából

A kémiai számítási feladatok sajátos helyet foglalnak el a kémia tanításában. Elmaradhatatlan részét képezik a különböző vizsgáknak és versenyeknek, ugyanakkor kevés olyan területe van a kémiának, amelyet annyira nehéznek és öncélúnak tartanak a tanulók, mint a kémiai számításokat.

A kémiai számítási feladatok megoldásának alapvetően két célja van:

1. A feladat konkrét témájához tartozó tudásterület fejlesztése.
2. A tanulók problémamegoldással kapcsolatos metakognitív tudásának fejlesztése.

A kémiának számos olyan területe van, ahol az ismeretek elmélyítését, a megfelelően szervezett fogalmi háló kiépítését a jól megválasztott számítási feladatok elősegíthetik. Ugyanakkor számos nemzetközi, tudományos igényű kutatás mutatja, hogy a tanulók kémiai számítások megoldásában elért sikeressége nagyon gyenge kapcsolatban áll a problémák megoldásához szükséges kémiai ismeretek fogalmi megértettségének szintjével [4]. Lehet, hogy a tanulók attól függetlenül tudják megoldani a sztöchiometriai számításokat, hogy értenék a probléma molekuláris hátterét.

A konstruktivista pedagógia szerint nem beszélhetünk általános problémamegoldó képességről, hiszen a problémamegoldás is, mint minden ismeretünk, kontextusfüggő, tudásterület-specifikus. A metakognitív tudásrendszerünknek van azonban egy olyan része, amely a problémamegoldással kapcsolatos [5]. Ilyenek például az egyenes és fordított arányosság felismerése, analógiák keresése, a feladat átfogalmazása, az adatok szemléletes (pl. táblázatos) feltüntetése stb. Ezek fejlesztésére valóban alkalmasak lehetnek a jól megválasztott számítási feladatok is.

A sikeres problémamegoldás szükséges, de nem elégséges feltétele, hogy a tanuló rendelkezze a természettudományos gondolkodás alapvető képességeivel. A természettudományos gondolkodás alapvető képességein olyan mintázatokat (sémákat, műveleteket) értünk, amelyek elengedhetetlenek a természettudományos problémák megértése, kezelése és megoldása szempontjából. A legfontosabb mintázatok a következők: rendszerezési képesség, kombinatív képesség, deduktív gondolkodás, induktív gondolkodás, analógiás gondolkodás, arányossági gondolkodás, valószínűségi gondolkodás és korrelatív gondolkodás [6]. Ezek fejlesztése azonban nem csak számítási feladatokkal lehetséges.

4. tévhit:

A más természettudományos tantárgyakkal való átfedés fölösleges és haszontalan

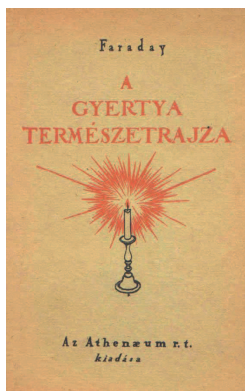
A természettudományoknak diszciplináris keretek között történő oktatása szükségszerűen vezet a tantárgyak közötti tartalmi átfedésekhez. A kémia tanulása során a tanuló gyakran találkozik olyan tartalmakkal, amelyek más tantárgyakon belül is megjelennek. Erős a kémia kapcsolódása a fizikával, a biológiával, a matematikával és a földrajzzal, de még a magyar nyelv és irodalom, valamint a történelem tantárgyakkal is vannak kapcsolódási pontok. Ezek olykor átfedések, ismétlődések, melyeket azonban nem feltétlenül kell megszüntetni két okból sem:

1. A tanítás-tanulás folyamatában fontos momentum egy átfogó kép kialakítása, a tantárgyra jellemző gondolkodásmód elsajátítása, a megismerési folyamat megélése. Nem baj, sőt sok szempontból kívánatos, hogy a tanulók az egyes tantárgyak tanulása révén megismerjék a valóság más-más vetületét, a modellalkotás többszempontúságát. Ugyanakkor, a tanulók többsége nem képes az egyik szöveggörnyezetben (tantárgyban) tanultakat és másik szöveggörnyezetben (tantárgyban) alkalmazni. Ez a típusú tudástranszfer ugyanis rendkívül gátolt folyamat. Ennek elősegítésében van fontos szerepe a tanárnak (külső koncentráció).

2. Vannak olyan természettudományos fogalmak (pl. nagyon sok kémiai fogalom: relatív atomtömeg, pH, savak és bázisok, az atom felépítése, oxidáció és redukció), melyek nem taníthatók egyszerű, minden helyzetben helytálló definícióval, hanem újra és újra visszatérve, más szempontból tárgyalva, bővítve alakítjuk a fogalom jelentését. Másrészt vannak olyan fogalmak is, melyek a kontextustól, sőt esetleg tantárgytól függően mást jelentenek (pl. a proton a kémiában leginkább csak azt a hidrogéniont jelenti, amely a savról a bázisra átmegegy a protolízis során, míg fizikában egyértelműen egy elemi részecskéről van szó, amely minden atom magjában megtalálható; a csapadék kémiaórán egészen mást jelent, mint földrajzórán stb.).

5. tévhit:

A tudományos ismeretek megszerzését a tapasztalat irányítja, ezért a kémia oktatásában is mindig a tapasztalatokból kell kiindulni



Faraday nagy sikerű karácsonyi előadás-sorozatában sem a tudomány logikája szerint építette fel előadásait

Meggyőződése, hogy a tanórai kísérletek hatékonysága jelentősen növelhető már úgy is, ha csak annyit teszünk, hogy a kísérlet elvégzése/bemutatása előtt megkérdezzük a tanulókat, hogy mit várunk, mi fog történni.

6. tévhit:

Vegyjelek, képletek és reakcióegyenletek nélkül nem lehet kémiát tanítani

Sajnos, számos tanár él ebben a tévhitben. Pedig a vegyjelek, képletek és reakcióegyenletek csak eszmei modellek, melyek segítségünkre lehetnek az anyagok és kémiai reakciók leírásában. De nem ezek jelentik a kémia lényegét! (Soha nem felejttem el azt a tankönyvbemutatót, ahol – miután a jelenlévők kezébe adtam legújabb, a szakközépiskolások számára készített tankönyvünket –, az egyik tanár így kiáltott fel: „Ez egy olyan gyagya tankönyv!” Megdöbbenve kérdeztem: „Miért gondolja annak?” „Mert alig van benne képlet és reakcióegyenlet” – hangzott a válasz.)

Másrészt, ha nem fordítunk kellő figyelmet a kémiai szimbólumok megfelelő bevezetésére és értelmezésére, akkor azoknak csak a riasztó mellékhatását erősítjük. Gondolok itt például a vegyjelek és képletek többszintű (és többértelmű) jelentésének általános iskolai bevezetésére (pl. Fe: vas, 1 vasatom, 1 mól vas, $6 \cdot 10^{23}$ vasatom, 56 g vas), vagy a reakcióegyenletek megfelelő „olvasására” (pl. a kémiai egyenletben a „+” inkább „és” és nem pedig „plusz”, az „=” pedig „lesz belőle/ad” és nem pedig „egyenlő”).

7. tévhit:

Modellek segítségével még a legelvontabb fogalmak és jelenségek is megértethetők

A kémia tudományában használatos elméleti modellek (például: sav-bázis elméletek, a redoxireakciók értelmezésének elméletei) mellett gyakran használunk – elsősorban szemléltetésre – anyagi modelleket (molekulamodelleket, szerkezeti modelleket, dinamikus modelleket). A modellek használatánál, kiválasztásánál mindig nagy gonddal kell eljárni. Mérlegelni kell, hogy mennyiben segíti a modellt a megértést, és milyen tévképzeteket alakíthat ki vagy erősíthet meg használata. Minden modell ugyanis –

Számos tudománytörténeti példa mutatja, hogy a tudomány fejlődését nem elsősorban a tapasztalat, hanem az elméleti megfontolások irányítják [6]. A kísérlet lényegében a természet kérdésére. Bármilyen kérdés felvetése szükségképpen feltételez egy elméletet. Ezt nagyon fontos figyelembe venni az iskolai oktatás során is. A készen kapott kísérletek vagy kísérleti eszközök és leírások számos esetben állítják megoldhatatlan feladat elé a tanulókat. A tanulás induktív módszerének erőltetése és a deduktív jelleg kizárása eredményezi azt, hogy a tanári demonstrációs kísérleteknek és a tanuló kísérleteknek nagyon alacsony a pedagógiai hozadéka. Számos esetben ezek a kudarcok vezetnek oda, hogy a tanárok egy része előbb-utóbb felhagy a kísérletezéssel.



Lehet-e tudomány a szakmódszertan? A válasz: Igen. Ráadásul a Magyar Tudomány Ünnepe

mivel a valóságnak csak egyszerűsített mása – szükségképpen tévképzetekhez vezethet (például az atomoknak színe van, a kémiai reakció során a kiindulási anyagok és a termékek térben elválasztva találhatók stb.).

8. tévhit:

A hétköznapi életből vett problémák közelebb viszik a kémiát a tanulóhoz és elősegítik a kémiai ismeretek elsajátítását

Ez a megállapítás csak részben igaz. Nagyon fontos ugyanis, hogy a példaként hozott hétköznapi probléma valóban a tanulók életéhez, mindennapjaihoz kapcsolódjék (releváns legyen). Az adatok készítése, hígítása, töményítése témakör tanítása során gyakran találkozunk olyan hétköznapi problémákra való hivatkozással, mint a befőzéshez cukorszirup készítése vagy megfelelő koncentrációjú permetlé készítése. Ezek valóban hétköznapi életből vett problémák, csak éppen a 12–16 éves diákok többsége számára nem releváns problémák. (Meglepő tapasztalatról számolt be az egyik, elit gimnáziumban tanító tanárnő: a mosószer tanítása során hivatkozott a mosogatáskor tapasztalható jelenségekre. Kiderült, hogy a gyerekek közül még senki sem mosogatott, és arra a kérdésre, hogy nálatok ki mosogat otthon, az volt a válasz, hogy a mosogatógép.)

9. tévhit:

Jó tanári magyarázattal elkerülhető, hogy a tanulók fogalmi megértési zavarokkal (tévképzetekkel) küzdjenek

Tanártovábbképzéseken gyakran tapasztalom, hogy amikor a tanulók tévképzeteiről és naiv elméleteiről beszélek, akkor egyes tanárok hitetlenkedve hallgatják azt, és sokszor közlik is velem, hogy az ő tanítványaik ilyen butaságot nem mondanak, mert ő megtanítja/elmagyarázza nekik, hogy... Én ilyenkor csak annyit kérek, hogy tegyen egy próbát: kérdezze meg a tanítványait arról, hogy... Meg fog lepődni a válaszokon.

Tévképzeteknek nevezzük a tudományosan nem helytálló nézeteket, fogalmakat vagy fogalomrendszereket együttesét [7]. A tévképzetkutatások – nem véletlenül – a természettudományok területéről indultak el, és máig is ez az ilyen szempontból legalaposabban tanulmányozott része a tanulók ismereteinek.

A fogalmi megértési zavarok kialakulásának számos oka lehetséges. A tanulók kémiai tévképzetei kialakulhatnak a tanítási folyamatban is. Ezeket a tévképzeteket nevezzük didaktogén vagy iskolában szerzett tévképzeteknek. Ezek mögött általában vagy a megfelelő szaktudomány fogalomrendszerének sajátosságai [8],



Mit mondhat
a magnézium a sósavnak?

- A) „Velem ugyan nem sokra mentek!”
B) „Adjátok a klóratomotokat és tűnjetek el!”
C) „Vigyétek az elektronjaimat és tűnjetek el!”
D) „Egymással foglalkozzatok, ne velem!”
E) „Forduljatok csak meg! Az ellentétek vonzzák egymást.”

Melyik a legjobb válasz? Egy lehetőség a tanulók tévképzetének feltárására

vagy didaktikai problémák húzódnak meg. Egyértelmű irodalmi adatok bizonyítják, hogy a tanároknak is vannak tévképzetek, és ezeket gyakran át is adják tanítványaiknak. Számos esetben a tankönyvi szöveg vagy ábra segíti elő a tévképzetek kialakulását [9]. A lehetséges módszertani problémák közül feltétlenül ki kell emelnünk a fogalomalkotás során az általánosítás elmaradását, a nem megfelelő szemléltetést és a modellek tévképzeteket generáló hatását.

A tévképzetek egyik legfontosabb jellemzője, hogy stabilak, nagy mértékben rezisztensek az oktatással szemben. Tehát téved az a pedagógus, aki azt hiszi, hogy egy természettudományos fogalom logikus elmagyarázásával, részletes megbeszélésével sikerül tanulói tévképzetét megváltoztatni. A mindennapi megismerésből és a mindennapi módon való gondolkodásból származó tévképzetek [10] mennyisége gyakorlatilag független attól, hogy a tanulók hány évig tanulták a tárgyat és milyen az abban elért iskolai teljesítményük. Egy korábbi vizsgálatunk [11] igazolja, hogy a tévképzetek többségét még az igen alapos egyetemi tanulmányok sem tudják felülírni.

A stabilitás egyik oka, hogy a tévképzetek valamilyen szinten adaptívak, azaz bizonyos fajta problémák megválaszolására alkalmasak, vagy legalábbis sikerrel kecsegtetnek. Ráadásul a tévképzetek személyesek és szituatívak. Különösen a naiv elméletekre igaz, hogy iskolai kontextusban kevésbé jelennek meg. Mivel minden tanulónak más és más a kognitív értelmező rendszere, ezért a tanulónak egy-egy témakörrel kapcsolatos tévképzei nagyon különbözhetnek egymástól.

A mindennapi megismerésből származó tévképzetek gyakran hasonlóságot mutatnak a mára már meghaladott tudományos

A szakmódszertani kutatások már részletesen feltárták a tanulók tévképzeit kémiából



nézetekkel. Így például a tanulóknak a mozgással vagy az anyag szerkezetével kapcsolatos elképzelései hasonlítanak az arisztotelési elméletekhez, az égés értelmezése gyakran hasonlít a flogiszon-elméletéhez [12], a természetes és a szintetikus anyagok tulajdonságaival, hatásaival kapcsolatos elképzelések nagyfokú hasonlóságot mutatnak az életerő-elmélettel stb.

A tévképzetek – noha bizonyos értelemben a tanulás szükség-szerű velejárói – gátolják a további tanulást és „melegágyai” lehetnek a manapság annyira gyakori áltudományos nézeteknek.

Bár a tévképzeteket nagyon nehéz megváltoztatni, a tanulás-tanítás értelmét, a fogalmi fejlődés és váltás lehetőségét kérdőjeleznék meg, ha lemondanánk korrekciójukról. Milyen feltételeknek kell teljesülniük ahhoz, hogy esélyünk legyen a tévképzetek megváltoztatására?

A sikeres korrekciónak két feltétele van:

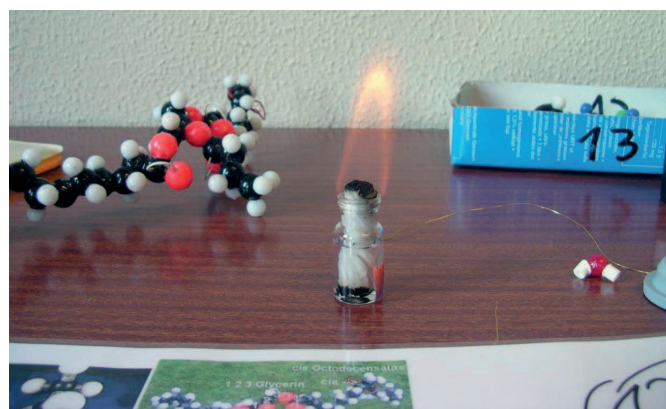
1. A tanulók tévképzeteinek ismerete, esetleg feltárása.
2. Megfelelő tanítási stratégia alkalmazása.

10. tévhit:

Csak jól felszerelt laboratórium birtokában lehet eredményes kémiaoktatást folytatni

Sajnos, elég gyakran halljuk ezt a kifogást: Hogyan kísérletezzek, ha se eszközöm, se anyagom nincs hozzá?

A tanórai kísérletezés egyik új irányzata éppen az, hogy a laboratóriumi eszközök és vegyszerek helyett egyre inkább hétköznapi eszközöket és a háztartásban megtalálható anyagokat használunk. És így a szükségből akár erényt is kovácsolhatunk, hiszen ezzel is demonstráljuk a kémia életszerűségét, szoros kapcsolatát mindennapjainkkal.

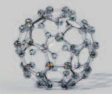


Eszközökkel és vegyszerekkel rosszul ellátott iskolákban is adódnak lehetőségek

Nagyon egyszerűen megvalósítható, mégis nagyon tanulságos a pezsgőtablettával kapcsolatos kísérletsorozat, a víz „szennyezettségének” vizsgálata elektrolízissel, vagy anyagok elektromos vezetésének tanulmányozása érintőképernyős eszközökkel ([1] 87. oldal). Viszonylag olcsó, könnyen beszerezhető anyagokkal és eszközökkel végezhető el a műanyagfecskendő gázkísérletek, a csempén, szűrőpapíron, festőpalettán, tablettatartóban, mikroszkóp alatt, vagy hidrogélekben végrehajtható kísérletek [13]. További ötleteket meríthetünk a játékboltokban kapható, az ott-honi kísérletezéshez készült csomagokból is.

11. tévhit:

A kémia tanulására is igaz a mondás: „Az ismételtes a tudás anyja”



Pontosabban csak részben igaz. Újabban tudományosan is alátámasztott régi tapasztalat, hogy a tudás alkalmazásában nem csak az új ismeretek rögzítésének (ismétlés, gyakorlás) van fontos szerepe, hanem a már rögzült ismeretek előhívásának, mozgósításának (emlékezeti előhívás) is. Az emlékezeti előhívást erősítő tanuláshoz (más szóhasználat: tesztalapú tanuláshoz) az ismeretek hosszú távú rögzítésére és mozgósítására kifejtett pozitív hatását elsősorban a nyelvtanulás és a matematikatanulás esetében vizsgálták [14]. Azok a hallgatói csoportok, akik a matematika-szemináriumokon rögtön az óra végén írták az aznap tanult anyagból a zárthelyi dolgozatokat, sokkal eredményesebbek voltak a félévi megmérettetésen, mint azok, akik mindig a következő óra elején írtak dolgozatot. Úgy tűnik tehát, hogy az óra végi összefoglalás helyett eredményesebb az óra végi „számmonkérés”, akár a Mazur-féle technikával [15] kombinálva. Sajnos, az emlékezeti előhívás módszerének a kémia oktatásában való kipróbálásával kapcsolatban még nagyon szegényes a szakirodalom.

Összegzés

Tisztában vagyok vele, hogy ezeknek a tévhiteknek a felszámolása, korrekciója legalább olyan nehéz, mint a tanulók kémiai tudásában fellelhető tévképzeteké. Talán az egyre több pozitív példa, az ilyen szempontból is „jó gyakorlat” bemutatása, elterjesztése lehet a megoldás. Ehhez viszont ki kell dolgozni az ún. alkalmazásközpontú (kontextusalapú) kémiatanítás gyakorlatát. Ez viszont csak kellően átgondolt, bizonyítékokon alapuló eljárással lehetséges. Ehhez nyújthat segítséget – reményeim szerint – a közelmúltban megjelent két szakmodszertani könyv is [1, 16]. A fejlesztést minél hamarabb el kellene kezdeni, mert a NAT legújabb tervezetében is hangsúlyozottan szerepel a kontextusalapú tananyagfeldolgozás [17].

IRODALOM

- [1] Tóth Z.: Korszerű kémia tantárgy-pedagógia. (Híd a pedagógiai kutatás és a kémiakutatás között) SZAKTÁRNET-könyvek 5. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen,



Bár a kémia lényege nem a képlet és a reakcióegyenlet, azért olykor életmentő lehet az alapvető vegyületek képletének ismerete

2015. http://tanarkepzes.unideb.hu/szaktarnet/kiadvanyok/korszeru_kemia_tantargy-pedagogia.pdf (utolsó megtekintés: 2018. 12. 03.)
- [2] Reid, N.: Chemistry Education: Research and Practice in Europe (2000) 1 (3), 381.
- [3] Tóth Z. és Bodnár M.: Iskolakultúra (2004) 14 (1), 106.
- [4] Nakhleh, M. B.: Journal of Chemical Education (1993) 70 (1), 52.
- [5] Nahalka I. és Poór I.: Problémák és feladatok megoldása a fizika tanulása során. In: Radnóti K. és Nahalka I. (szerk.): A fizikatanítás pedagógiája. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
- [6] Csapó B. és Szabó G. (szerk.): Tartalmi keretek a természettudományok diagnosztikus értékeléséhez. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2012.
- [7] Radnóti K.: Iskolakultúra (2000) 10 (10), 34.
- [8] Tóth Z.: Természet Világa (2009) 140 (19), 25.
- [9] Tóth Z.: Iskolakultúra (2000) 10 (10), 71.
- [10] Tóth Z.: Iskolakultúra (2000) 9 (10), 103.
- [11] Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2016) 71 (11), 334.
- [12] Turányi T. és Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2011) 66 (4), 122.
- [13] Barke, H-D, Hazari, A. és Yitbarek, S.: Misconceptions in Chemistry. Springer, Berlin-Heidelberg, 2009.
- [14] Dobóné Tara É., Sarka L. és Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2016) 71 (11), 353.
- [15] Racsmán M. (2014): Mindennapi Pszichológia (2014) 6(3), 52.
- [16] Tóth Z.: Magyar Kémikusok Lapja (2017) 72 (4), 116.
- [17] Szalay L. (szerk.): A kémiatanítás módszertana. ELTE TTK, Budapest, 2015. <http://ttomc.elte.hu/szervezeti/kemia-szakmodszertani-csoport> (utolsó megtekintés: 2018. 12. 20.)
- [18] A Nemzeti alaptanterv tervezete (2018. 08. 31.) <https://www.oktatas2030.hu> (utolsó megtekintés: 2019. 01. 09.)

Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet

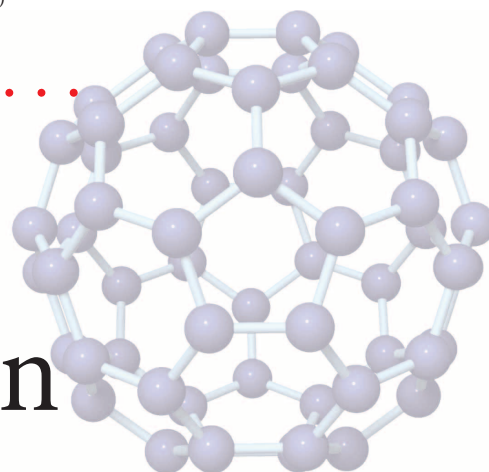
■ MTA Könyvtár és Informatikai Központ | braun@mail.iif.hu

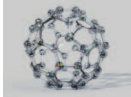
A fullerén-paradoxon

Általában azzal szoktunk kezdeni, hogy vázoljuk, tanulmányunk miről szól, mivel foglalkozik. Ezúttal annyiban térünk el a szokásostól, hogy említést teszünk arról, amivel nem fogunk foglalkozni. Ugyanis véleményünk szerint a fullerének szakirodalma tengernyi, és nem látjuk értelmét, hogy még csak kivonatossan is ismertessük. Nem tudjuk azonban elkerülni, hogy egy nagyon rövid áttekintéssel azért ne foglalkozzunk, és ne említsünk a fullerénekről publikált néhány alpművet. [1–9]

1985 őszen angol és egyesült államokbeli kutatók elindultak

egy úton, amelyről remélték, hogy elvezeti őket a csillagközi teretek kémiai összetételének jobb megismeréséhez. Mint kiderült, az út nem oda, hanem a C_{60} -molekula és társai, illetve a fullerének felfedezéséhez vezetett. Ez a felfedezés, persze, pozitív értelemben megrengette a kémia világát, és talán nem túlzás, a természettudományok egészének világát is. A kutatási úti célok, illetve az érkezők helyének út közbeni változása nem ritka jelenség a tudományban. Az angol nyelv e jelenség elemzésére egy szakszót alkotott, a lefordíthatatlan *serendipityt*. E szó képessé-





get jelent értékes dolgok megtalálására ott, ahol kevésbé valószínű. És ha már szavak értelmezésénél tartunk, említsük meg a *paradoxon* fogalmát is. Paradoxon alatt állítások olyan halmazát értjük, amelyek ellentmondásra vezetnek, vagy a józan észnek ellentmondó következtetés vonható le belőlük. Görög szó, amiben a *para* görögül az ellentétet, a *doxa* a véleményt jelenti.

Végleg elkerülhetetlen, hogy ne emeljük ki azt a tanulmányt, amely 1985-ben forradalmi útjára indította a kémia tudományát. [10] Lehetetlen elmenni amellett, hogy ez utóbbi cikknél rövidebbet és tömörebbet keveset ismer a tudományos kutatás szakirodalmába.

Az előbbieken a forradalomról tettünk említést a kémiában. Kuhn nagy jelentőségű műve [11] óta a tudományos kutatásnak két típusát szokás megkülönböztetni, egyrészt a feladatmegoldó, egy paradigmarendszer keretén belül folytatott vizsgálatokra, másrészt a paradigmarendszert kisebb, vagy nagyobb mértékben megváltoztatni kényszerítő eredményekre, azaz tudományos forradalmakhoz vezető kutatásokra. A paradigma fogalma Kuhnál sem teljesen egyértelmű, egyik kritikusa kimutatta, hogy több mint húszféle jelentésben használta. Talán a legkifejezőbb, ha azt mondjuk, hogy az a forradalmi jelentőségű felfedezés, amelynek nyomán át kell írni a tankönyveket. A legnagyobb jelentőségű felfedezések esetén nem csupán az egyetemi, hanem a középiskolai tankönyvek is átírára szorulnak. A kizárólag szénatomokból álló kalitkamolekulák, a fullerének és származékaik felfedezése nyilván ilyen jellegű felfedezés. 1985 óta nem szabad azt tanítani, hogy a kristályos szénnek csak két allotróp módosulata, a grafitot és a gyémántot ismerjük. Ennek a felfedezésnek a jelentősége azonban messze túlnő azon, hogy egy sereg új szénmódosulatot ismertünk meg. Ismételjük, hogy itt egyáltalán nem foglalkozunk a szén nanocsövekkel és a grafénnal. Az egyesült államokbeli *Science Watch* című folyóirat szerint a fullerénkutatás az 1990-es években a kémiai kutatás egyik legintenzívebben művelt területe volt, eredményei jelentősen gyarapították természettudományi tudásunkat és sok alkalmazását javasolták (1. ábra).

A fentiekkel szemben azonban felvetődött az a kérdés, hogy jelentős tudás- és ismeretgyarapító jellege mellett származott-e a C_{60} -ból olyan iparilag olcsón előállított termék, ami használható a mindennapi gyakorlati életben? Az e cikkben felsorolt hivatkozásokban [1–9] rendkívül sok példát találunk a C_{60} és társaival kapcsolatos alapkutatásokról és felfedezésekről. De ezekben sajnos a már említett gyakorlati felhasználás kérdéseire nem volt válasz.

Sőt, a továbbiakban szó szerint kell idéznünk néhány negatív felvetést:

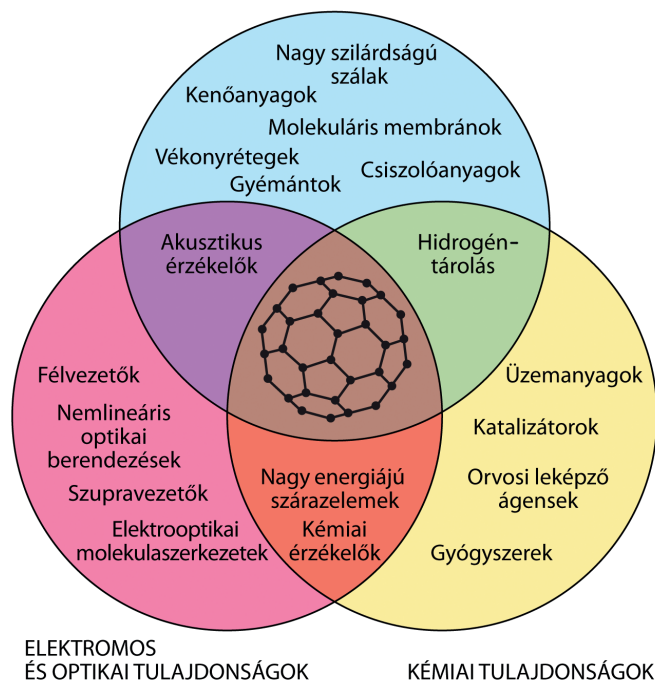
„A fullerénkutatásnak eddig nem sikerült elérnie a remélt kereskedelmi potenciálját.” (Fullerene research has so far failed to develop the commercial potential hoped for. [12])

„A C_{60} és rokonainak egyedülálló fizikai és kémiai tulajdonságai feltevéseket tápláltak számos lehetséges felhasználásról, de termékek eddig nem valósultak meg.” (Unique physical and chemical properties of C_{60} and its cousins have fuelled speculations on many possible uses, but products haven't yet materialized. [13])

„Az 1985-ben felfedezett futball-labda alakú fulleréneknek eddig korlátozott hatása volt az iparra.” (The in 1985 discovered football-shaped fullerenes have so far had a limited impact on industry. [14])

A fentiek kiegészítésére a következőkben szó szerint idézzük egy meglepő helyen, éspedig a brit felsőházban, más néven a

C_{60} FIZIKAI TULAJDONSÁGOK



1. ábra. A C_{60} fizikai, kémiai tulajdonságai és javasolt alkalmazásai [7]

Lordok Házában 1991. december 10-én „Buckminster Fullerenek: kutatási támogatás” címmel jegyzőkönyvileg nyilvántartott 4 perces vita szövegét: [15]

„Lord Errol of Hale megkérdezi őfelsége kormányát: Milyen lépéseket terveznek a buckminsterfullerén alkalmazásának elősegítésére a kutatásban és az iparban?

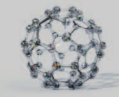
Lord Reay (a Kereskedelmi és Ipari Minisztérium államtitkár-helyettese): Nemes uraim, a kormány érdeklődéssel követte a buckminsterfullerén felfedezését és a Tudományos és Technológiai Kutatási Tanács (Science and Engineering Research Council, SERC) keresztül támogatja a Sussexi Egyetemen jelenleg ilyen irányban folyó kutatásokat. Azonban az ipari vállalatok döntésére bízom, hogy kívánnak-e kutatást folytatni a buckminsterfullerén és más fullerének kereskedelmi alkalmazásáról.

Lord Errol of Hale: Nemes uraim, köszönöm nemes barátom választát, amely csak részben kielégítő. Nem lenne-e országunkban lehetőség e nagyon sokat ígérő új szénváltozat továbbfejlesztésének még hathatósabb támogatására? Ugyanis azt már gyártják nem kevesebb, mint három egyesült államokbeli üzemben.

Lord Reay: Nemes uraim, mint említettem, a kormányzat folytatja a buckminsterfullerénnel kapcsolatos alapkutatás támogatását a Sussexi Egyetemen. 1986 óta több más pályázati támogatást is jóváhagyott e témában való kutatásra. A SERC támogat több olyan kutatót is, akik a fullerénekkel kapcsolatos kémiai kötések elméleti kérdéseivel foglalkoznak. Továbbá kormányzati támogatás várható a fullerénekkel kapcsolatos alapkutatások és az ipari kutatások közötti együttműködésre, kereskedelmi alkalmazások kifejlesztésére.

Sear bárónő: Nemes uraim, nézzék el tudatlanságomat, de megmondhatná a nemes Lord, hogy ez a valami állati, növényi vagy ásványi anyag-e?

Lord Reay: Nemes uraim, örülök, hogy a nemes bárónő felvette ezt a kérdést. Így elmondhatom, hogy a buckminsterfullerén



rén egy 60 szénatombból álló molekula, amit a vegyészek C_{60} -ként ismernek. Ezek az atomok 12 ötszögből és 20 hatszögből álló zárt kalitkát képeznek, vagyis futball-labdaszerű idomná állnak össze.

Lord Williams of Elvel: Nemes uraim, e válasz kiegészítése-ként kérdelem, hogy tudatában van-e a nemes Lord annak, hogy valamilyen különleges oknál fogva ez a futball-labda formájú molekula „buckyball” néven is ismeretes és, hogy felfedezése jelentős felbuzdulást okozott a tudományos közösségben. Mivel a „Brit Technológiai Csoport”-ot (British Technologic Group, BTG) a közelmúltban privatizálták, vagy rövidesen privatizálni fogják, nem lenne-e időszerű a privatizált BTG részéről, hogy a C_{60} -at átvegye és brit találmányként terjessze?

Lord Reay: Nemes uraim, a privatizált BTG meghozhatja ezt a döntést. Úgy véljük azonban, hogy nem a kormányzat dolga, hogy eldöntse, vannak-e a buckminsterfullerénnek kereskedelmi alkalmazásai, illetve, hogy a vállalatoknak foglalkozniuk kell-e ezzel a kérdéssel. Ezt rájuk kell bízni.

Lord Renton: Nemes uraim, a molekula rögbilabda vagy futball-labda formájú?

Lord Reay: Úgy vélem, hogy futball-labda formájú. Kroto professzor, akinek kutatócsoportja jelentős szerepet játszott a buckminsterfullerén felfedezésében, úgy jellemezte, hogy mérete úgy viszonyul egy futball-labdához, mint ahogyan ez utóbbi mérete viszonyul a földgolyó méretéhez. Más szavakkal, ez egy rendkívül kis molekula.

Lord Campbell of Alloway: Nemes uraim, és mire alkalmazható?

Lord Reay: Nemes uraim, feltételezik, hogy többféle alkalmazása lehetséges, például akkumulátorokban, kenőanyagként vagy félvezetőként. De mindez spekuláció. Kiderülhet, hogy semmire sem alkalmazható.

Lord Russell: Nemes uraim, mondhatjuk akkor azt, hogy semmi különösre nem alkalmazható, de arra nagyon?

Lord Reay: Nemes uraim, ez nagyon lehetséges.”

A Lordok Házában folytatott vita rendkívül előrelátónak bizonyult a fulleréntudomány szempontjából, de külön hangsúlyozhatjuk, hogy az ott elhangzott Lord Russel-féle válasz nem oldja fel a fullerén-paradoxont. Azzal kell befejeznünk, hogy a múlt alapján mindmáig érvényes a fullerén-paradoxon. A jövő halvány, ködös körvonalazása érdekében talán hivatkozhatunk egy nemrég megjelent dolgozatra, amiben elhangzott a fullerének gyakorlati, ipari alkalmazásával kapcsolatban a „reneszánsz” (új-jászületés) szó [16] kiegészítve azzal, hogy az ott leírt terméknek nagy üzleti jövőt remélnek 2023-ig. [17] Arra is hivatkozhatunk, hogy az alapismeretek és a tudásgyarpodás terén 2017-ben 2534 fullerénkutatással foglalkozó cikket publikáltak a világ tudományos folyóirataiban. [18]

Végül meg kell említsük, hogy a fentiekkel kapcsolatos fullerén-paradoxonról e-mailben megkérdeztük Eiji Osawa japán kutató véleményét. Eiji Osawa [19] az a világhírű kutató, aki 1970-ben, tehát Kroto és társai [10] előtt, elméleti szerves kémiai számítások alapján felfedezte és leírta a C_{60} molekulát. [20] Felfedezését egy japán nyelvű folyóiratban publikálta is. A japán cikke a nyelv miatt a világon senki sem figyelt fel, így rögtön feledésbe is merült, és csak Krotóék cikkének megjelenése után vettek róla tudomást, de akkor már késő volt: Osawa kimaradt az 1996. évi kémiai Nobel-díjból, amit a fullerének felfedezéséért az angol Krotónak, az észak-amerikai Smalley-nek és Curlnek ítéltek.

Kérdésekre Eiji Osawa még aznap e-mailben válaszolt. A hi-telesség kedvéért angol nyelvű válaszát itt ismertetjük. „As to

your interesting question, I have also devoted considerable time and thoughts to it. I have also published a few related papers, but my actual answer is more direct and simple. Fullerene C_{60} stopped to attract interests of scientists simply because its formation mechanism still remains unknown. Without the atomistic mechanism cleared, we cannot increase the yields (now very poor, less than 1%) and the costs remain high making fullerenes and carbon nanotubes forbiddingly high. Harry Kroto left C_{60} one year after me and passed away without knowing the mysterious mechanism. We still have a chance to see someone else solving the problem. Why does the formation mechanism of C_{60} take so long time to solve? I think we are still not good enough to solve all of the existing problems. However, time will come when we will be able to solve it.

I like Lord Russel's answer. He is not answering the question but amuses us well. Anything on earth could be better.”

(Ami érdekes kérdésedet illeti, jómagam is jelentős időt és gondolkodást szenteltem neki. Néhány cikket is publikáltam róla, de jelen válaszom egyszerűbb, közvetlenebb. A kutatók érdeklődését a C_{60} iránt az állította le, hogy képződésének mechanizmusa még mindig ismeretlen. Az atomi mechanizmus felderítése nélkül nem tudjuk növelni a kitermelést, ami jelenleg nagyon alacsony, 1%-nál kevesebb. Így a fullerének és szén nanocsövek előállításai költségei megengedhetetlenül magasak maradnak. Harry Kroto egy évvel utánam hagyta abba a C_{60} -kutatást. Majd elhunyt anélkül, hogy megismerte volna rejtélyes képződési mechanizmusát. Nekünk még mindig megvan a reményünk arra, hogy megérjük, valaki megoldja a kérdést. Miért tart ennyi ideig a C_{60} -képződés mechanizmusának megoldása? Úgy vélem, hogy még mindig nem vagyunk elég jók az összes kérdés megoldásához. De eljön az idő, amikor megoldjuk.

Tetszik Lord Russel válasza. Ugyan nem oldotta meg a kérdést, de szórakoztatott. Minden a Földön csak ennél jobb lehet.”)

Plautusra hivatkozva: *sapienti sat.*



IRODALOM

- [1] E. Langa, J. F. Nierengarten, Fullerenes, Principles and Applications, RSC Publishing, London, 2007.
- [2] M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, P. T. Eklund, Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes, Elsevier Inc., Amsterdam, 1996.
- [3] P. W. Fowler, D. E. Manopoulos, An Atlas of Fullerenes, Dover Publ., 2007.
- [4] K. M. Kadish, R. S. Gruoff, Fullerenes, Chemistry, Physics and Technology, J. Wiley & Sons, 2000.
- [5] A. Hirsch, The Chemistry of the Fullerenes, Wiley CH Verlag GmbH, 2002.
- [6] R. Taylor, Lecture Notes of Fullerene Chemistry, University of Sussex Press, Sussex, 1999.
- [7] Braun Tibor, A káprázatos C_{60} molekula, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1996.
- [8] Braun Tibor, Szénszférák zenéje. Fullerénkémiai kalandozások, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000.
- [9] T. Braun, A. P. Schubert, R. N. Kostoff, Chem.Rev. (2000) 100, 23.
- [10] M. H. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brian, R. F. Curl, L. E. Smalley, Nature (1985) 318, 162.
- [11] T. S. Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions, University of Chicago Press, Chicago, 1961.
- [12] R. Michalitsch, Chr. Kallinger, Y. Voorhandt, V. Veefreind, S. R. Moethner, Nanotechnol., Law Business (2008) 5, 85.
- [13] R. M. Baekke, Chem.Eng.News (1993) 74, 8.
- [14] R. Van Noorden, Nature (2011) 419, 14.
- [15] H. Aldersey-Williams, The Most Beautiful Molecule. An Advance in Chemistry, Aurum Press, London, 1995.
- [16] T. Gatti, E. Menna, M. Meneghetti, M. Maggini, Nanoenergy (2017) 41, 84.
- [17] Perovskite solar cells market 2018–2023: Key vendors landscape, opportunities, challenges, and drivers, analysis, type, application. The West Bulletin, 2018, Friday, November 9.
- [18] L. Leydersdorff, Amsterdam, magánközlés e-mailben.
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/Eiji_Osawa
- [20] E. Osawa, Kagaku (1970) 25, 854.
- [21] E. Osawa, magánközlés e-mailben.



Jó hírt hoz a messenger RNS

Beszélgetés Karikó Katalin professzorral

Régi hagyománya van annak, hogy a szervezetre bízuk a gyógyulást. A messenger RNS-terápia is ezt az utat követi: a sejtjeinkkel gyártatja le a hatóanyagot – a kezeléshez szükséges fehérjét –, méghozzá gyorsan. Az univerzális eljárásról Karikó Katalin, a mainzi BioNTech RNA Pharmaceuticals alelnöke beszél, aki harminc éve kezdte el győzködni kollégáit arról, hogy a pillanatok alatt elbomló messenger RNS-molekula alkalmas a gyógyításra. Kutatásai és felfedezései kulcsszerpet játszanak abban, hogy a hírvívő RNS gyógyszeré váljon.

A messenger RNS-terápia

A géneket alkotó DNS-szakaszoktól a messenger RNS-ek (mRNS-ek) viszik el a hírt, hogy milyen fehérjéket készítsen a sejt. Ha elromlik vagy hiányzik valamelyik fehérje, megbetegszünk. Száz éve már fehérje-alapanyagból is készülnek gyógyszerek. Az első az inzulin volt, ezt követték a hormonok, ellenanyagok, enzimek, citokinek (jelzőmolekulák). Ma nagyon sokféle ellenanyagot gyártanak a tumorok kezelésére, a rákos sejtek elpusztítására. A fehérjealapú gyógyszerek előállítása és tisztítása azonban drága, mert mindegyikre új eljárást kell kidolgozni: emiatt a kezelés is sokba kerül.

Az összes ma kapható fehérjealapú gyógyszert előállíthatjuk mRNS-sel. Az mRNS elkészítése olcsó és gyors, hiszen a molekula csak négyféle nukleotidból áll, és csak egyszerű tisztítási módszert kell használni, amit már kidolgoztunk – mondja Karikó Katalin. A betegbe injekciózott mRNS-ről a sejtek leolvassák, hogy milyen fehérjét, például enzimet vagy ellenanyagot kell készíteniük.

Az mRNS-t ki is lehet szárítani – a fehérjét nem, mert tönkremegy. Így nem kell hűteni, könnyebb szállítani és tárolni.

A mostani fehérjealapú gyógyszerek csak extracelluláris fehérjéket pótolhatnak, de a sejtekbe bejutó mRNS terápiás intracelluláris fehérjéket is kódolhat. Már vannak olyan mRNS-készítmények, amelyek szelektíven, a lép, a tüdő vagy a máj sejtjeibe lépnek csak be. Mindez az mRNS-t védő „csomagoló”-molekulák elektromos töltésein múlik.

Az mRNS-en alapuló terápia forradalmasíthatja a gyógyítást, mert leegyszerűsíti a gyógyszergyártást, és mindenki számára elérhetővé teszi az orvosságot.

Miért jobb az mRNS, mint a DNS?

A DNS-ben két szál van, az mRNS-ben csak egy. Ahhoz, hogy kifejtse a hatását, a DNS-nek a sejtmagba kell bejutnia, az mRNS-nek csak a citoplazmába, ami sokkal könnyebb feladat. Ezért ha egy mRNS-t ráteszünk a sejt kultúránkra, a kódolt fehérjéket már percek alatt követhetjük. Hasonlót tapasztaltunk, amikor állatkísérletekben alkalmaztuk az mRNS-t. A beadott mRNS mennyiségével nagyjából arányosan nő a képződő fehérje mennyisége, míg a DNS esetében sokkal bizonytalanabb, hogy mennyi fehérje keletkezik. A DNS beépülhet a kromoszómába, és mutációkat okoz, az mRNS viszont nem, és gyorsabb a bomlása is.

Ennek az instabilitásnak újabb előnye van: úgy használhatjuk az mRNS-t, mint a hagyományos gyógyszereket. Ha hatásos, tovább adagoljuk, ha nem, akkor abbahagyjuk a kezelést. A szervezetbe beépülő DNS-nek nem múlik el a hatása, ezért a kezelés leállítása nem segít.

Miért kell becsomagolni az mRNS-t?

A nukleinsav az összes élőlény számára veszélyt jelent, mert újraprogramozhatja a sejtjeiket. Emiatt már a baktériumok is gyártanak maguknak DNS-t hasító restriktációs enzimeket, hogy felaprítsák az „idegen” géneket. A szervezetünkben mindenütt, a vérünkben, de még a bőrünkön is rengeteg nukleinsav-bontó enzim van. Az mRNS-készítményeket ezért lipidbe vagy polimerbe csomagolt nanoméretű részecskék formájában juttatjuk be a szervezetbe.

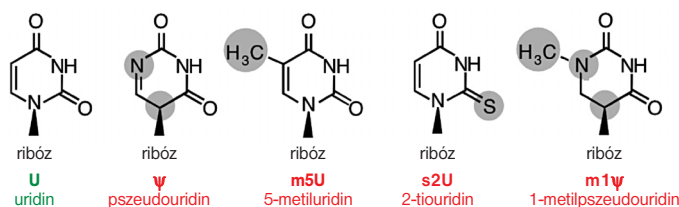
Mi történik, ha az mRNS kikerül a csomagból?

Ha erre a sejten kívül kerül sor, azonnal elbomlik, ha pedig a sejten belül, akkor aktiválja az immunrendszert. A terápiás alkalmazásokhoz módosítanunk kell az mRNS-t, hogy ez ne történjen meg, és működésbe hozzuk a fehérjegyártat. Az mRNS-eket úgy módosítottam, hogy a molekula minél jobban hasonlítson a sejtjeinkben előforduló, természetes RNS-ekhez. Legelőször a transzfer RNS-ben is megtalálható pszeudouridinre cseréltem a messenger RNS uridin nukleozidját – ami persze nem ment egyik napról a másikra. Az ilyen mRNS-t az immunrendszer nem érzékeli idegen anyagnak.

Mit gyógyíthatnak mRNS-sel?

Az mRNS-gyógyszereknek még ki kell állniuk a klinikai próbákat, de már ez a folyamat is elindult. Az mRNS nagyon sok betegnek segíthet. Ha az állatok tumorjába juttatunk mRNS-t, a frissen kódolt fehérjék odahívják az immunsejteket. Már arra is van példánk, hogy ilyenkor nemcsak az a tumor sorvad el, amelyik-

A módosított uridint tartalmazó mRNS nem aktiválja az immunrendszert





be az mRNS-t injektáltuk, hanem az áttét is. A fertőzések elleni védőoltások kidolgozására szintén folynak kísérletek. Ha influenzajárvány tör ki, az mRNS-vakcina sokkal gyorsabban elkészülhet, mint a hagyományos, tojásban tenyésztett változat. Zika-vírus elleni szerrel is próbálkoznak. Nagy áttörés volt, amikor a szívinfarktus után 24 órával az egér szívébe injektált, vaszkuláris endotéliás növekedési faktort (VEGF) kódoló mRNS hatására nem halt el a szívizom szövete. A kísérletet most már nagy állatokon folytatják. Belélegezhető mRNS-sel a koraszülöttek tüdőkárosodását szeretnék megelőzni, az állatkísérletek eredményei nagyon biztatóak. Néhány kutatócsoport a gének hibáit próbálja kijavítani mRNS-sel, megkísérli összejutkóztatni a sejteket vagy az immunválaszban részt vevő T-sejtek hatását fokozni. A legnagyobb mRNS-kutatási terület a fehérjehelyettesítés, amit korábban génterápiával próbáltak megoldani. Ma már úgy tűnik, hogy a génterápiához fűzött reményeket az mRNS-terápia váltja be.

Mikorra jelenhetnek meg az új gyógyszerek?

Talán a húszas évek közepén már a polcon lesznek az elsők. Egyelőre felszálló szakaszban van a kutatás, és a nagy gyógyszerárak sokat költenek az mRNS-terápiára, mert lehetőséget látnak benne. Nincs idejük az mRNS-szintézis kidolgozására, inkább szövetségre lépnek a három vezető, mRNS-kutatást folytató cég valamelyikével, a Bostonban működő és 7,5 milliárd dollárra értékelt Moderna Therapeuticsszel;¹ a 2001-ben elsőként alapított mRNS-céggel, a tübingeni székhelyű CureVackel; vagy éppen velünk, a 900 főt foglalkoztató BioNTechkel, amely Európa legnagyobb, magántulajdonban levő biotechnológiai vállalata. A többi folyamatot, a klinikai kipróbálást már olajozottan működtetik a nagy gyógyszergyártók.

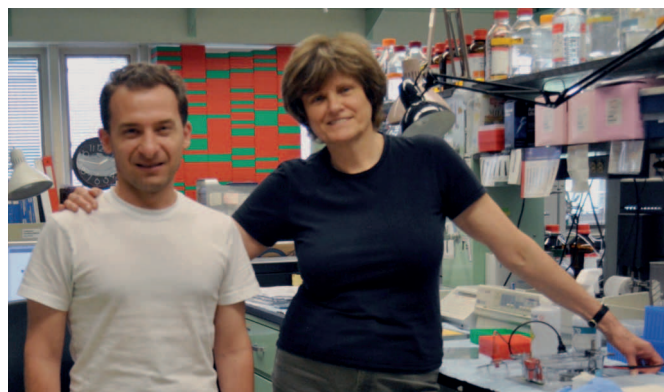
Nekem nagyon fontos, hogy olcsó legyen a termék, hogy mindenki hozzájuthasson, akinek szüksége van rá.

Egy felfedezés története

Itt abba is hagyhattuk volna a beszélgetést, de nagyon érdekelt, hogyan indult el az mRNS-kutatás, hogyan lehet gyógyszer egy felfedezésből.

Akkor odáig kellene visszamenni, hogy miért szerettem meg a kémiát és a biológiát – válaszolta Karikó Katalin. – Éppen most jöttem vissza Magyarországról, a 45. érettségi találkozónkról, és a „kisújszállási biológusbrigád”-dal is találkoztam. Pardi Norbert, aki mellettem áll a fotón, Szegeden végzett biológus szakot és ott szerzett PhD-t biokémiából ugyanúgy, mint én. Norbival régóta ismerjük egymást. Ő arra is emlékszik, hogy még egyetemista volt, amikor először meséltem neki a pszeudouridines mRNS-ről. 2011-ben kijött hozzám Amerikába, és amikor átköltöztem Németországba, ő vette át a philadelphiai laboromat. Egy másik kisújszállási biológustársunk Bécsben dolgozik, őt most vonjuk be a terápiás mRNS kutatásába.

Kisújszálláson nagyon jó kémia- és biológiatanárom volt az általános iskolában. Ma is büszke vagyok arra, hogy nyolcadikos koromban harmadik lettem az országos élővilág-versenyen. A középiskolában is kiváló tanárok tanítottak – ők csináltak kedvet a kémiához és a biológiához. 1973-ban vettek fel a JATE-ra, Szegedre. A felvételem azért sikerült olyan jól, mert lelkes tanáraink voltak Kisújszálláson, akik megértették velünk a fizikát, a mate-



Pardi Norbert és Karikó Katalin a Pennsylvanai Egyetem laborjában (2012)

matikát és a biológiát. Még egyetemistaként Farkas Tibor biokémikushoz kerültem, az SZBK-ba, aki lipidekkel foglalkozott. Nagyon szerettem ott dolgozni. Kondorosi Éva és Duda Ernő DNS-t akart liposzómába csomagolni, és a lipideken keresztül az ő génterápiás munkáikat is megismertem. Rengeteget számít a jó tudományos környezet, a kiváló tanár, kolléga, aki lelkesít és példakép.



Az RNS-laborban, 1980

A diplomázás után akadémiai ösztöndíjat kaptam, és Tomasz Jenő szerves kémikus hívott meg a csoportjába. Mi voltunk az „RNS-labor”. Simoncsics András asztalát kaptam meg, aki az RNS-szekvenálásra kifejlesztett módszeréről a leghíresebb. Az én feladatom egy antivirális molekula szintézise lett. Akkoriban azt éreztem, hogy minden, amit csinállok, hallatlanul fontos. Ez a lelkesedés és felelősségérzet azóta is velem maradt. A Tomasz-laborban ismerkedtem meg Ludwig Jánossal, akivel máig szoros munkakapcsolatban állok. Ő szintén Németországban dolgozik. 1985 táján létszámcsoökkentés volt az SZBK-ban, és bizony elküldtek – éppen a 30. születésnapomon kaptam meg az értesítést. Végül a Temple Egyetemen, Philadelphiában sikerült állást szereznem. Az ottani főnököm módosított nukleozidokkal foglalkozott, ő fedezte fel, hogy a baktériumok képesek pszeudouridin előállítására. Nagyon produktív három év után a Temple-ről is el kellett mennem, mert más irányban akartam folytatni a kutatást, mint a labor.

Nemrégiben a Harvardon felkértek, hogy – mint sikeres kutató – tartsak előadást a karrieremről, különös tekintettel a kudarcokról. Hát volt miről mesélnem. A Temple után Washingtonba kerültem, ahol interferonokkal dolgoztunk. Ott tanultam

¹ Az interjú óta a Karikó Katalin mRNS-módosítási eljárását alkalmazó Moderna cég a tőzsdére ment. A Moderna az egyik legnagyobbra értékelt, magántulajdonban levő biológiatechnológiai részvénytársaság, amely megkezdte nyilvános működését.



meg igazán a molekuláris biológiát. A férjem, Francia Béla és a lányunk (aki még Szegeden született) Philadelphiában maradt, úgyhogy egy éven át hetente ingáztam: hétfőn hajnalonként indultam munkába. Hétközben az összes időmet a kísérleteknek szenteltem. RNS-t izoláltam sejtekből, azután megpróbáltam visszajuttatni őket és követni a hatásukat.

1989-ben újra Philadelphiába, a Pennsylvanai Egyetemre (UPenn) kerültem. Huszonnégy évig kutattam ott. A kardiológián kezdtem, mint molekuláris biológus. A főnököm nagyon lelkes volt, és támogatotta az ötleteimet, ezért indíthattam el az mRNS-kutatást. Igaz, hogy 1990-ben visszautasították az első mRNS-pályázatomat, de nem csüggedtem. Az elutasító levelet is bemutattam a Harvardon, mert most, amikor az mRNS-terápia sikeres, érdekességnek számít, amit harminc éve írtak – hogy ez képtelenség, az mRNS nem való terápiára, hiszen azonnal lebomlik. Minden évben pályáztam támogatásra, és bár egyre jobbak lettek az eredmények, nem voltak eléggé meggyőzőek. A sikertelenség miatt a kardiológiáról átkerültem az idegsebészetre, ahol az orvoskollegámnak tetszett az mRNS-terápia ötlete. Ő arra gondolt, hogy ha például nitrogén-monoxidra van szükség az összeszűkülő erek kitágításához egy szélütéses beteg agyában, akkor olyan mRNS-t kell készítenünk, amelyik a nitrogén-monoxid előállítására alkalmas enzimet kódolja. Ezt utána bejuttatjuk az érfalba, és az erek kitágulnak. Ilyenkor nem is a fehérje a gyógyhatású, hanem az, amit a fehérje – az enzim – elkészít.

1998-ban Drew Weissman immunológus állást kapott a UPenn-en, és HIV elleni vakcinát akart csinálni. DNS-sel próbálkozott, de az nem működött. Én meg eldicsekedtem az RNS-tudományommal, és elkezdtünk együtt dolgozni. A szintetizált mRNS-ek meglepetésünkre – ilyet addig még senki sem észlelt – aktiválták az immunsejteket. Persze fogalmunk sem volt, hogy miért. Elkezdtük keresni.

Másokkal is dolgoztam együtt – egész életemben szerettem a labort, a kísérletezést. Mindenféle RNS-t kipróbáltunk az immunsejteken, hogy megértsük az aktiválás folyamatát. Teszteltünk transzfer RNS-eket is, de csak fél év múlva ütött szöveget a fejemben, hogy ezek miért nem aktiválhatják az immunrendszert. A transzfer RNS nukleozidjában sok módosítás van, a szintetizált mRNS-eimben egy sem volt!

Utánanéztem, hogyan módosíthatnám az mRNS-t. Szinte semmit sem találtam a folyóiratokban. Gondoltam, akkor majd én megcsinálom – de úgy, ahogy a természet, csak a négyféle

nukleotidból kiindulva. Nem jutottam messzire, de megtudtam, hogy a módosított RNS-t meg is lehet rendelni. Megvettük, rá tettük az anyagokat a dendritikus sejtre, ami „bemutatja” az antigéneket az immunrendszernek, de semmi változást nem tudtunk kimérni. Közben Ludwig János javaslatára módosított nukleozid-trifoszfátokat vásároltam az RNS-szintézishez. Korábban segítséget kértem Kiss Tamás biológustól is, akit – Jánoshoz hasonlóan – évtizedek óta ismerek az SZBK-ból. Tőle azt tudakoltam, hogy milyen enzimet használhatnék a módosított mRNS előállításához. Azért fordultam hozzá, mert ő volt az RNS-módosítások nemzetközi szakértője: amikor egy konferencián előadást tartott a riboszomális RNS érésekor lejátszódó, pseudouridin-képződéssel kapcsolatos felfedezéséről, a résztvevők állva tapsolták meg, ami egyáltalán nem szokás. Mondom is a tanítványaimnak: nagyon fontos, hogy ápolják a kapcsolataikat a társaikkal, kollégáikkal, és kövessék a munkájukat.

Végül a módosított nukleotidokból kiindulva, enzimekkel elkészítettem a kívánt mRNS-eket. Sokkal több fehérje képződött róluk, mint az eredeti, módosítatlan RNS-ről. Az egyetem szabadalmaztatta a módszert, és 2005-ben, éppen az ötvenedik születésnapomon küldtem el a cikkünket az *Immunity*-be.²

Drew Weissman kollégámmal céget alapítottunk. Pályáztam az NIH-nél (Nemzeti Egészségügyi Intézetek), és megítéltek száz-ezer dollárt. 2006-ot írtunk: annyi próbálkozás után most kaptam először pénzt mRNS-kutatásra. Be kellett bizonyítanunk,



Karikó Katalin lánya, Francia Zsuzsanna kétszeres olimpiai és ötszörös világ bajnok evezős

hogy ha eritropoetint kódoló mRNS-t adunk az egérnek, akkor meg tudjuk duplázni a retikulocitáik számát. (Az eritropoetin elősegíti a vörösvértestek képződését, a retikulocita a vörösvértestek éretlen formája.) Ez volt a feltétele annak, hogy a következő évben egymillió dollárt kapjon a cégünk. Sikerült.

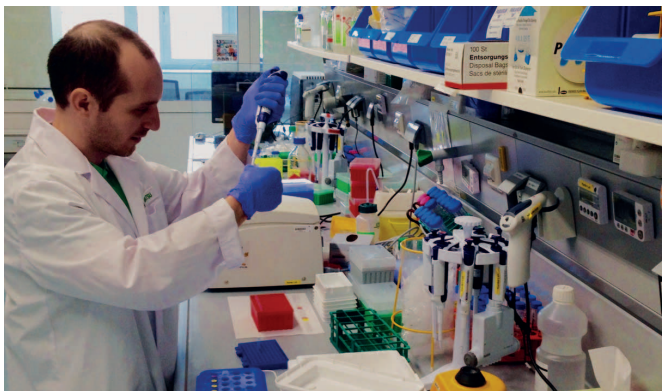
Ekkor már fokozódott az érdeklődés az mRNS-terápia iránt, és többfelé hívtak, hiszen az induló cégeknek szükségük volt mRNS-szakértőre. Nekem sem kellett már az egyetemen maradnom, mert a lányom befejezte a tanulmányait: a UPenn-en szerzett kriminológiából mester fokozatot. Ott kezdett el evezni, 19 évesen, és egy évtizeden át az amerikai evezős válogatott tagja volt. Két olimpián nyert aranyérmet nyolcasban.

2013-ban az amerikai Moderna Therapeutics, amely csak három évvel korábban alakult a módosított mRNS-ek terápiás alkalmazására, hallatlan összeget, 240 millió dollárt kapott az AstraZenecától VEGF-et kódoló, módosított mRNS fejlesztésére. Ekkor a japán kollégámmal, Hiromi Muramatsuval – akivel gyakran még a hétvégeket is a laborban töltöttük –, elhatároztuk, hogy elmegyünk egy klinikai programmal rendelkező céghez, és az mRNS-terápia megvalósításán dolgozunk. A mainzi BioNTechet azért választottuk, mert ők már készítették mRNS-t terápiás célra. Mi pedig beindítottuk a BioNTech módosított mRNS-programját.

² K. Karikó et al.: Suppression of RNA Recognition by Toll-like Receptors: The Impact of Nucleoside Modification and the Evolutionary Origin of RNA. *Immunity* (2005), 23, 165–175.

Szabadalmi igazolás (2012)





Boros Gábor egy debreceni együttműködés kapcsán került a BioNTechhez

Kollégákkal beszélgetve felvetődött, hogy szervezzünk konferenciát az mRNS-terápiáról. Úgy gondoltuk, legfeljebb ötven kutatóra számíthatunk. 2013-ban tartottuk meg az első mRNS-terápiás konferenciát Tübingenben. Végül százötvenen jöttünk össze, és nekem jutott a „key-note speaker” megtisztelő feladata, mert én voltam a legkitartóbb, és én dolgoztam a legrégebben az mRNS-terápián.

A módosított mRNS több területen eljutott a klinikai kipróbálás szakaszába, embereket kezelnek már vele. Azért jó lenne megérni, hogy a gyógyszertárakban is árulják. De így is nagyon szerencsésnek érzem magam, hiszen ritkán adatik meg egy kutatónak, hogy a laborasztaltól a betegágyig követhesse a felfedezését.

2018. október

Silberer Vera

Tomasz Jenő

Kutatópályám emlékezete

Miért lettem kutató? – nehéz a kérdésre válaszolni. Valószínűleg génjeimben volt kódolva néhány olyan tulajdonság, melyek vonzóvá tették számomra a kutatói pályát. Igazi kutató azonban sohasem lehettem volna, ha az egyetem elvégzése után három évet nem tölthetek a *Bruckner*-tanszéken. Itt tanultam meg, valójában mit is jelent a szó, kutatás, itt ismerhettem meg az igazi kutatóembert jellemző tulajdonságokat, melyeket Diószegi Sámuel és Fazekas Mihály a Magyar Fűvészkönyvben már 1807-ben oly csodálatosan megfogalmazott: „... Maga az eszmélet-terjedése és szélesedése az ember okos lelkében a’ legtisztább és nemesebb gyönyörűség-érzések kútfeje. A’ ki abból magából is gyönyörűséget érezni nem tud: tegye félre a’ Természet vizsgálatát; sőt a’ Tudománynak minden névvel nevezendő nemét tegye félre; nem néki való.”

A kutatómunka lekötötte életemet, boldoggá tett, nemcsak hivatásom, hobbim is volt. Ezért szerencsés embernek tartom magam.

Kutatói pályafutásom tizenévesen madármegfigyelésekkel kezdődött. A II. világháború befejezése után Budán, az Eötvös Collegium gyerek szemmel hatalmasnak tűnő parkjában lestem-figyeltem a madarakat. Hamarosan a Magyar Madártani Intézet önkéntes munkatársa lettem. Lelkesen jártam havonta egyszer az Intézet délelőtti „aktívaüléseire”. Nem tudtam elképzelni, hogy ne legyek ott! Iskolakerülés szülői beleegyezéssel! Később rájöttem, hogy amit látok, tapasztalok, le kell írnom. Amikor a különböző szempontok szerint rendszerezett, írásba foglalt megfigyeléseimet a Madártani Intézetben bemutattam, munkámat közlésre beküldött tudományos dolgozatnak tekintették. Természetesen fogalmam nem volt róla, mi a tudományos publikáció, így nagyon meglepődtem. A dolgozat változtatás nélkül jelent meg magyarul és angolul az Intézet egyetlen tudományos évkönyvében, az *Aquila* soron következő számában. Mindössze tizennégy éves voltam, amikor elköttem életem első és egyben leghosszabb (27 oldal!) tudományos közleményét. A több mint hetven dolgozatomból közül mind a mai napig talán erre az elsőre vagyok legbüszkébb.

Tizenöt-tizenhat éves lehettem, amikor jött a nagy kiábrándulás az ornitológiából. Nem is az ornitológiából, inkább a Madártani Intézet vadászgatni járó munkatársaiból. Váratlanul eldöntöttem, vegyész leszek, anélkül, hogy különösebb érdeklődést mutattam volna a kémia iránt. Ez minden bizonnyal kémiantanár-nóm, *Szentes Márta* néni varázslatos egyéniségének hatására történt. Kémiával továbbra sem foglalkoztam, de magától értetődő volt, hogy az érettségi után felvételi kérelmemet az ELTE vegyész szakára adtam be.

A szerves kémia iszonyú ismeretanyagával nem tudtam mit kezdeni, az első kollokviumra képtelen voltam felkészülni úgy, ahogyan szerettem volna. Szerencsém volt, jó kérdéseket húztam, és *Mészáros Miomírnál* jelesre vizsgáztam. Szárnyakat kaptam, és ahelyett, hogy január utolsó, vizsgamentes hetét lógással töltöttem volna, újra nekiláttam szerves kémiát tanulni. Hirtelen olyan vonzalmam támadt a tárgy iránt, hogy a második félévben már minden hétfőn szerves kémiát „seggeltem”. Természetes volt, hogy szerves kémiára szakosodom. IV–V. éves lehettem, amikor felkeltették érdeklődésemet a nukleinsavak. 1958 karácsonyára bátyámtól ajándékba kaptam a természetes szénvegyületek kémiájának legújabb eredményeit összefoglaló *Perspectives in Organic Chemistry* című könyvet. A könyv *Sir Alexander Todd* által írt nukleinsav-fejezete olyan mély benyomást tett rám, hogy életre szólóan beleszerettem a vegyületcsaládba.

Hála a Sorsnak, ez a szerelem nem maradt beteljesületlen. Igaz, a közelebbi kapcsolatra még éveket kellett várnom, s először az is csupán reprodukív munka volt a Reanal Finomvegyszergyárban. Ennek ellenére az iparban *Bihari István* főmérnöksége alatt töltött csaknem tíz esztendő mind szakmai, mind emberi szempontból igen hasznos és szép időszak volt. A Reanalban nagyon sokat dolgoztam. Többek között sikerült egy új termékcsalád gyártását meghonosítanom. Ennek eredménye lett a Kémia IV, egy 1968-ban létesült új üzem, melynek vezetője lettem. Számomra nagyon hízogó volt a főmérnöki mondat: „Jenőből egy egész üzem lett.” Amennyire a lehetőségek megengedték, meg-



próbáltam kutatómunkával is foglalkozni. Ezt bizonyítja néhány – igaz, nem a nukleotidok tárgykörében készült – dolgozat és az egyetemi doktori értekezésem is.

A nukleotidkémiai kutatómunkát a hetvenes évek elején kezdtem el az MTA Biológiai Központjában Szegeden, és folytattam azután csaknem harminc éven keresztül ugyanitt és az Egyesült Államokban.

Szegeden a kutatás egy néhány évvel korábban izolált természetes nukleotid-hidrid szerkezetigazoló szintézisével indult. Egy figyelmetlenségem – víz helyett véletlenül ammónium-hidroxidot használtam az intermeier szintézisében – addig nem ismert nukleotidszármazékok felfedezéséhez vezetett. Tipikus és voltaképpen nagyon szerencsés *serendipity* volt, hiszen hosszú évekre meghatározta a további munkát. Nagy szerencsémre szakmai főnököm nem volt, így a kis létszámú nukleotidkémiai csoport kutatási témáját magam határozhattam meg. Négy munkatársam volt: Simoncsits András, Bottka Sándor, Karikó Katalin és Ludwig János. Az együtt átdolgozott évek alatt mind a négyen megszerezték az egyetemi doktori fokozatot, Bottka Sándor később a kandidátusit is. A nyolcvanas évek végén szétszéledtek a nagyvilágba, Németországba, Svédországba és az Egyesült Államba. Nagyon büszke vagyok nemzetközileg elismert kiváló munkáikra. Csak Bottka Sándor maradt Szegeden. Simoncsits András és Bottka Sándor sajnos fiatalon meghalt. Egyikük sem volt még hatvanéves.

Az Egyesült Államokban letelepedett Karikó Kati Philadelphiából 1997 karácsonyára többek közt így írt: „Sanyi látogatásakor felidéztek a régi szép időket, amikor még mindketten a maga csoportjában dolgoztunk. Úgy tűnik, hogy még most is mindenki nukleotidokkal foglalkozik a kis csoportunkból, s erre igazán büszke lehet. Én meg vagyok sorsommal elégedve, s hálás vagyok magának, hogy elindított ezen a pályán.” Karikó Kati kislánya, Susan Francia, tagja volt az aranyérmet nyert amerikai evezős nyolcasnak a 2008-as pekingi és a 2012-es londoni olimpián.

Adminisztratív karrierre nem vágytam, minden időmet a számomra egyedül „üdvöztető” laboratóriumi munkának szenteltem. Megszereztem minden tudományos fokozatot, ami munkával megszerezhető volt.

Az iparban kapott néhány megérdemeltől (Kiváló Dolgozó, a Nehézipar Kiváló Dolgozója, Kiváló Újító) és a 2005-ben kapott Kajtár Márton-emlékéremtől eltekintve, a hivatalos kitüntetések – istennek hála – elkerültek. Böven kárpótoltak viszont a szakma általam nagyra becsült kiválóságainak őszinte elismerései: Straub F. Brúnó dicsérete, Kajtár Márton egy cikkemet minősítő rövid mondata: „ez egy nagyon jó dolgozat” vagy Dave Hutchinson biztatása: „Csinálj csak hasonló jó módszereket nekünk, mint ez a szintézis.” Büszke vagyok arra is, hogy az SZBK-napokon tartott beszámolómat kutatótársaim a legélvezetesebb előadásnak minősítették.

Első amerikai tanulmányutam alatt nem csak dolgoztam. A nukleotidkémia világszerte ismert, kimagasló művelőinek a meghívására összesen tizenkét egyetemen és kutatóintézetben számolhattam be Szegeden végzett munkáinkról. Erre az előadó-



A szegedi laborban, 1980

Karikó Katalin felvétele

körútra igen büszke vagyok, annyira, hogy fel is sorolom, kiknek a meghívására, merre jártam: Salk Institute (L. E. Orgel); Syntex Research Institute (J. G. Moffatt); Brigham Young University (R. K. Robins); University of Illinois at Urbana-Champaign (N. J. Leonard); Northwestern University (R. L. Letsinger); University of Virginia (S. M. Hecht); Rockefeller University (J. Sy); Roche Institute of Molecular Biology (A. J. Shatkin); Yale University (W. H. Prusoff); Harvard University (F. H. Westheimer); Southern Research Institute (J. A. Secrist III); Duke University (L. D. Quin).

Minden bizonnyal az én hibám is, hogy – eltekintve a szemináriumi körüttől – amerikai tanulmányútjaimtól nem azt kaptam, amire előzetes elképzeléseim alapján számítottam. Az Egyesült Államokban az ott töltött tízből mindössze két-három olyan évem volt, amikor valóban kutatóembernek érezhettem magam.

Szakmai életem alakulásában néhány szerencsés véletlen „sorsformáló” szerepet játszott. Ha 1970-ben Dévényi Tibi nem javasolja, hogy tanulmányozzam az általa kifejlesztett réteg nukleotidkémiai felhasználhatóságát, sose fordul meg fejemben a rétegekromatográfia területére kirándulni. Ha a hetvenes évek elején Szegeden véletlenül nem nyúlok az ammónium-hidroxidos üveghez, nem horgonyzok le több mint 10 évre a nukleotid-amidok társaságánál. Később Salt Lake Cityben a véletlen megint szerencsétlenné, és tovább is e területen marasztalt még jó pár évig. Befejezve a tervezett munkát ráadásképpen el akartam készíteni még egy anyagot. A reakcióelegyben azonban e helyett azt a vegyületet véltem felfedezni, melyet korábban éveken át sikertelenül próbáltunk elkészíteni Szegeden. Észleletemből kiindulva Bottka Sándor türelme vezetett azután a vegyület jó szintézismódszerének kidolgozásához.

Ha összerendezném akár szintetikus nukleotidkémiai, akár a rétegekromatográfia területén végzett munkáimat, ez is, az is egy-egy összefüggő „történet”-té kerekedne. Az előbbi 28, az utóbbit 12 közleményben meséltem el. Utólagos belemagyarázás volna azt állítani, hogy ezek valamiféle előre gondosan megtervezett, precízen végiggondolt kutatás következményeiként születtek. A megkezdett szálakat azonban igyekeztem mindig – legalábbis amennyire tőlem telt – szépen elvarrni. Eszembe jut az alig húszéves Szentkuthy Miklós bölcs megállapítása: „Minden nagy rendszer és markáns pozitívum melléktermék: »cél« egyáltalában nincsen, csak hajsolás és nyargalás a semmiben, azonkívül eredmények, melyeket sosem számítottunk ki, melyekről nem is álmodtunk soha és melyeket utólag hazudunk »cél«-unknak” (Prae, Magvető, 1980, I/49.).

Az ifjúkori nagy álom, a részletek alapos ismerete mellett áttekinteni és birtokolni a nagy egészet, álom maradt. Rá kellett ébrednem, igazán nagy dolgokra nem leszek képes. Ezért legalább azon a parányi területen, melyre a véletlen helyezett, igyekeztem színvonalasan teljesíteni.

Kutatói pályafutásom 1996-ban az Egyesült Államokból való végleges hazatéréssel lényegében befejeződött. Azóta úgy vagyok a nukleotidkémiai, mint az impotens férfi, ki már legfeljebb csak simogatni képes a szeretett nőt.





Kutasi Csaba

125 éves a viszkóz

A mesterséges selyemgyártás gondolata régóta foglalkoztatta az emberiséget. Főként a fizikusok és a vegyészek próbálkoztak szálanyagok létrehozásával. Döntően a selyemhernyó titkát próbálták megfejteni, a kínaiak az ókorban enyvszerű anyaggal kísérleteztek. Robert Hooke (1635–1703) angol polihisztor – a rugalmasságtanban alapvető fontosságú törvényt megalkotója – már 1666-ban megjövendölte a mesterséges szálelőállítás lehetőségét.

Joseph Wilson Swan (1828–1914) angol fizikus-kémikus az 1880-as évek elején próbált szálát előállítani, a fakéregben lévő rostok kémiai módosításával előállított anyagból. Swan ezzel az általa kifejlesztett izzólámpához kívánt a szénszállhoz hasonlót létrehozni, de hamar rájött a textilipari hasznosításra. 1885-ben a londoni International Inventions Exhibitionben ilyen termékeket be is mutatott, mégsem terjedt el.

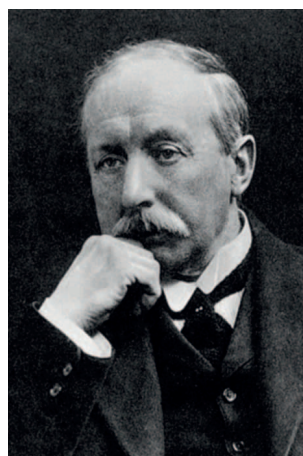
1884-ben – több kapcsolatos részeredmény összegzésével – Louis-Marie Hillaire Bernigaud de Chardonnet (1839–1924) francia mérnök dolgozta ki az ipari méretekre alkalmas mesterséges szálanyag előállítását. Az eljárás során pamut-linterből (az egrenálás után a gypotmagon maradt kisméretű száldarabokból) salétromsav és kénsav elegyével észtereszített cellulóz-nitrátot éter-alkohol keverékével feloldották, az így nyert folyékony halmazállapotú anyag képezte a szálgyártás anyagát. A szálképző „rózsán” keresztül kisajtolt oldatból az oldószerkelet elpárolgatásával (száraz eljárás), vagy hideg vizes kicsapással (nedves eljárás) készítettek szálát. A rendkívül tűz- és robbanásveszélyes cellulóz-nitrát műselymet denitrálták (ammónium-szulfiddal hidrát-cellulózzá alakult). A műselyem gyártása a cellulóz-nitrát veszélyessége miatt idővel háttérbe szorult, amit a regenerált cellulóz, a viszkóz kifejlesztése is meggyorsított.

A viszkóz feltalálása és a szálgyártás kidolgozása

Valamivel több mint 125 éve, 1892-ben Charles Frederick Cross és Edward John Bevan (Clayton Beadle közreműködésével) szabadalmaztatta az ipari méretű viszkóz-előállítás technológiáját. Charles Frederick Cross brit vegyész volt, a londoni King's College-ben végzett, majd a zürichi műegyetemen tanult tovább. Ezután későbbi kutatótársával – Edward John Bevannel – a manchesteri Owens College-ben folytatta tanulmányait, cellulózkémiával és annak gyakorlati alkalmazásával foglalkozott.

Edward John Bevan szintén angol kémikus volt, a diploma megszerzése után a skót Alexander Cowan & Co. papírgyárban dolgozott, de többek között a Public Analyst Society szerkesztőjeként is tevékenykedett. Clayton Beadle papíripari szakemberként segítette hozzá a sikerhez a kémikusokat. A viszkóz nemcsak a regenerált cellulózalapú mesterséges selyem-, hanem a celofán- és szivacsgyártás alapanyaga lett. Charles Henry Stearn (1844–1919) nevéhez fűződik a szálhúzási technológia kifejlesztése, így vált a viszkóz textilipari szálanyaggyá.

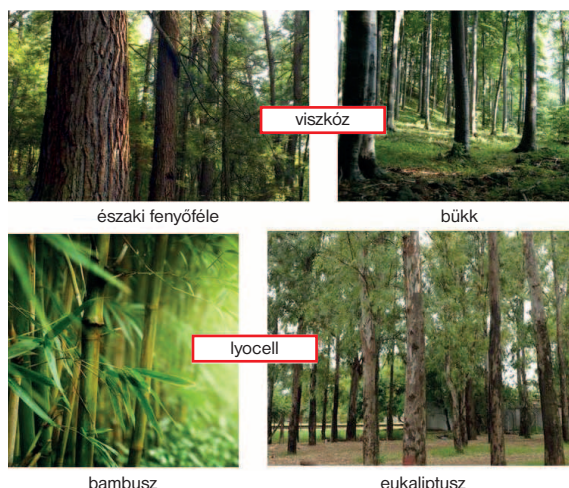
A viszkózyártás alapanyaga hosszú ideig az északon honos lucfenyő (valamint erdei fenyő, ill. bükk és tölgy, esetleg nyírfa) volt, manapság korszerűbb változatait bambuszból, akár euka-



A viszkóz feltalálói. Balról: Charles Frederick Cross (1855–1935) és Edward John Bevan (1865–1921)

liptuszfa anyagából képezik. A faalapanyag mechanikai és vegyi feltárása a cellulózüzemben történik. A fában megtalálható hemicellulóz, pektin (a hemicellulóz és a pektin a sejtfal nem cellulóz jellegű poliszacharidja) és a lignin (szilárdságot növelő faanyag) eltávolítását általában kalcium-szulfitos kezeléssel és fehérítéssel végzik. Az így előkészített alapanyag lapok vagy tekercsek alakjában kerül a szálgyártó üzembe, és 86–89% cellulózt tartalmaz.

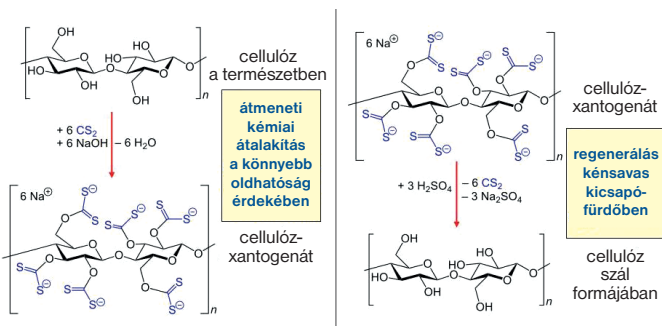
Mesterséges szálgyártáshoz cellulóznyerési lehetőségek





A szulfit-eljárással nyert cellulóztételeket keverés után nátrium-hidroxiddal telítik és kipréselik, kialakul a cellulóz-nátrium. Az így képződött anyag finomra aprítása és levegőn végzett érlelése után a szén-diszulfiddal (CS_2) végzett kezeléssel alakul ki a cellulóz-xantogenát, amely híg nátronlúgban feloldható. [A cellulóz-xantogenát ditiószeinsavas ($\text{H}_2\text{CS}_2\text{O}_5$) észter ($\text{R-OCS}_2\text{H}$), lúgban oldva a cellulóz morfológiai szerkezete megszüntethető, oldott változatának kicsapásával irányított alaktani képződmény alakítható ki.]

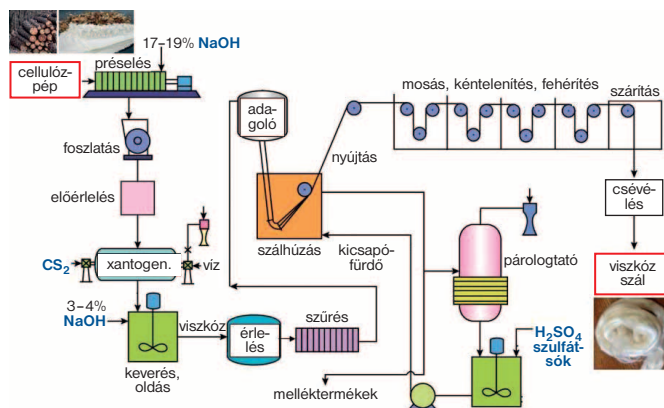
Közismert, hogy a cellulóz – mint szilárd anyag – közvetlenül csak nehezen alakítható folyékony halmazállapotúvá, ami a szálgyártáshoz alapvető fontosságú. Egyrészt nem olvasztható (hőre nem lágyul, így ömlesztésre nincs mód), másrészt alapvető oldószere a réz-oxid-ammóniák [(réz-tetramin)-hidroxid], ami a réz-hidroxid vizes ammónium-hidroxidban történő reagálásával képzett komplex vegyület. [A J. P. Bemberg cég által gyártott, 1899-től továbbfejlesztett réz-oxid- (ill. Bemberg-) műselyem-képzés a réz-oxid-ammóniákos oldáson alapul.] Ez az oldószer drága, alkalmazása nehézkes, ezért vált szükségessé a cellulóz átmeneti kémiai átalakítása (cellulóz-xantogenát képzése), amellyel egyszerűen oldható módosulat áll rendelkezésre.



A regenerált cellulózzsál gyártásának kémiája

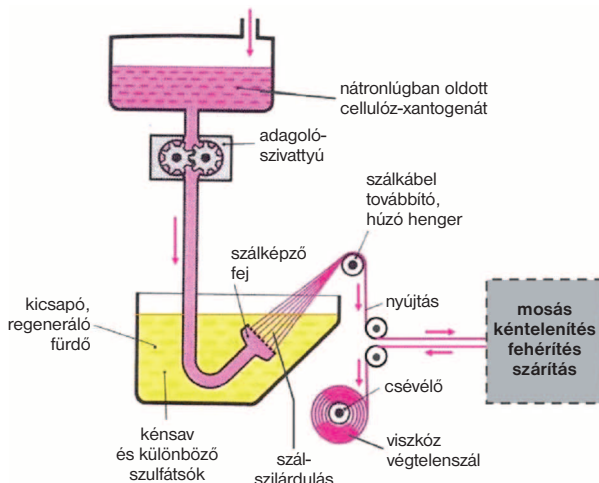
A narancssárga cellulóz-xantogenát nátronlúgos oldásával mézhez hasonló, viszkózus (sűrűn folyó) anyag keletkezik, innen ered az elnevezés. A feloldott xantogenátoldat viszkozitása az utóérlelés során először csökken, majd növekszik. A szálhúzáshoz a közepes viszkozitás optimális, mert a fokozottan viszkózus anyagból nem lehet nagy sebességgel szálát húzni, a túlzottan híg pedig alkalmatlan szálképzésre. A megfelelő sűrűségű légtelenített anyagot átpréselik a szálképzőfejen, amely a kénsavat és valamilyen szulfátot (nátrium, cink, magnézium, ammónium) tartalmazó kicsapófürdő felszíne alatt helyezkedik el. (A kénsav szerepe kettős: egyrészt a cellulóz-xantogenát gyors kicsapása, másrészt az észtercsoportok folyamatos hidrolízisének fenntartása.) A szálképző-„rózsa” nemesfém ötvözetekből (platina-arany, tantálfém) készül, mert a sav- és lúgállóság, jó megmunkálhatóság, megfelelő keménység és könnyű tisztíthatóság alapkövetelmény. (Kezdetben üvegből készült, a leendő nyílások helyére fémhuzal-darabokat helyeztek, amiket az üveg megszilárdulása után savval kioldottak.) A szálképző lemez apró nyílásain kisajtott képződmények koagulálva, hidrat-cellulóz szálak formájában, megszilárdulnak. Ezen az egyfűrdős eljárásán kívül kétfűrdős szálképzés is ismert, amelynél a cellulóz-xantogenát koagulátását és a ditiószeinsavas észter hidrolízisét külön műveletben végzik (az így előállított szál a normál eljárással készütekhez képest rosszabb jellemzőkkel rendelkezik).

A szálképző fejből kilépő, megszilárdult szálkötegekből összefogással kábel képeznek, amelyben két-háromszáz szál van. Már a szálalóállítás alatt is nyújtást végeznek, részben a szubmik-



A viszkóz-előállítás és szálgyártás menete

roszkópos szerkezet rendezése, így a szál szilárdítása céljából. Semlegesítés (a savfelesleg közömbösítésére) és mosás, kéntelenítés (nátrium-szulfiddal vagy nátrium-szulfáttal), fehérítés (nátrium-hipoklorittal, hidrogén-peroxiddal, nátrium-klorittal; igény szerint optikai fehérítővel) és aviválás (a szálak bevonása lágyító, hajlékonyságot javító és elektrosztatikus feltöltődést csökkentő segédanyaggal), majd szárítás következik.



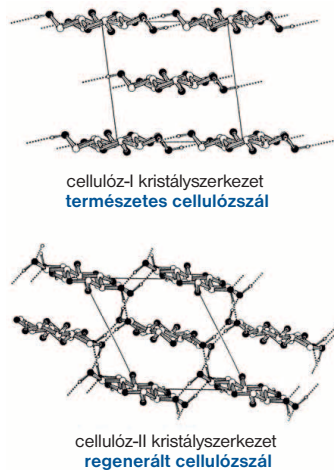
A nedves szálképzés elve

Amennyiben nem végtelen szálként (multifilament vagy filamentfonal) történik a felhasználás, konvertálással vágott szálát gyártanak, igény szerint pamut- vagy gyapjútípusú hosszúságban. A szálkeverékekben a gyapjú helyettesítésre használt viszkózszál terjedelmességét a végleges koagulálást megelőző nagyfokú nyújtással (göndörítéssel) érték el. A helytelenül „műrost”-nak nevezett vágott szálgyártási módszert 1908-ban szabadalmaztatták, nagyüzemileg 1916 óta alkalmazzák.

Tekintettel arra, hogy az optimális viszkozitás elérése érdekében a cellulóz-nátrium érlelése során – a részleges lebontódás miatt – csökken a cellulóz láncmolekulák polimerizációfoka, továbbá a regenerálódás pillanatában cellulóz-II kristályszerkezetű polimer keletkezik, a természetes cellulózzsálaktól (cellulóz-I kristályszerkezet) eltérő szálanyag képződik. A nagyon stabil cellulóz-I kristályegységben (elemi cella) öt glükóz-anhidrid lánc helyezkedik el, amelyek a szál tengellyel párhuzamosak. Ebből négy a cellai sarkain, egy pedig középen halad át. A röntgensugaras vizsgálatokkal már régebben megállapították, hogy a párhuzamos láncokat a hidroxilcsoportok közötti másodrendű kötések (hidrogénkötések) tartják össze. A cellulóz-II kristályszerkezet mo-



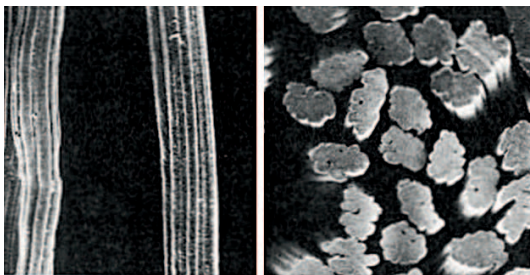
noklin (egyhajlású), benne a molekulák elmozdultak, 30°-kal kifordultak az adott síkból. Így átlósan új, rácspontokkal terhelt – szintén hidrogénkötésekkel összetartott – síkok jellemzik a kristályegységet. A cellulóz-nátrium több kristálmódosulata ismert, a jellemző változat több szerkezeti vizet tartalmaz, így könnyíti a cellulóz-II keletkezését. Ugyanakkor a regenerált szál gyártása során létrejött cellulóz-nátrium az öblítés és szárítás után nem alakul át teljesen cellulóz-II változáttá. Kutatások megállapították, hogy amennyiben az öblítés vizes alkohollal történik, úgy megnövekszik a cellulóz-II kristályszerkezet képződésének mértéke.



A cellulóz kristályváltozatai

A normál eljárással előállított viszkózzsálak főbb jellemzői

A szálképzés során a másodperc töredéke alatt megy végbe a kicsapódás (amit az adagolt sók ugyan valamennyire lassítanak), egyúttal a xantogenátcsoportok helyett a cellulózzra jellemző hidroxilcsoportok alakulnak ki (ezek közötti hidrogénkötések segítségével végbemegy a kristályosodás). A szilárdulás a leendő szál felületén kezdődik, így a belső részek még folyékony halmazállapotban vannak. A cső alakú, hálóként működő szálpaláston folyamatos a diffundálás (kifelé a nátrium-, befelé a hidrogénionok). Az így képződött kéregszerű külső réteg (köpeny) nagyobb keresztmetszetet alkot, mint a szál végleges vastagsága, ezért a teljes szilárdulás során bekövetkező keresztmetszeti zsugorodás következménye a jellegzetes csipkézettség és hosszirányú csikozottság.

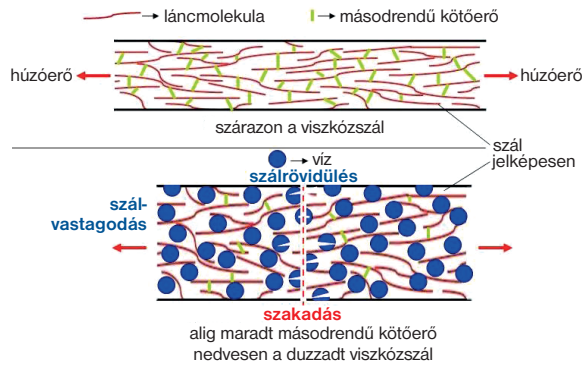


hosszanti kép

keresztmetszeti kép

A normál viszkózzsál mikroszkópi képe

A viszkóz vízfelvétele, duzzadása nagyobb a pamuténál. A szál szubmikroszkópos szerkezetébe fokozottan behatoló víz a cellulóz láncmolekulákat annyira eltávolítja egymástól, hogy a közöttük fennállt másodrendű kötőerők lecsökkennek. Ez a körülmény és az eleve alacsonyabb polimerizációfok okozza nedves állapotban a száraz szilárdság akár felére való csökkenését.



A viszkózzsál nedves szilárdságának csökkenése jelképesen

A kedvezőtlen nedves szilárdsági tulajdonság miatt a fogyasztói tájékoztatást célzó kezelési jelképsorban az első piktogramot (kád, teknő) két párhuzamos vonallal alá kell húzni. Ez a korlátozás nagyon kíméletes nedves kezelést jelöl (kisebb mechanikai terhelés a mosás során, lassú visszahűtés az öblítésnél, alacsony fordulatszámú centrifugálás) és nem utolsósorban a kézi mosást követő kézi facsarásos víztelenítés tilalmára hívja fel a figyelmet.



Példa kezelési jelképsorra viszkóztermék esetén

A szál belső felépítésével magyarázható a viszkózból készült termékek nagyobb nedves méretváltozása és gyenge gyűrődés-feloldódási képessége.

A normál eljárással gyártott viszkózzsálak átlagos polimerizációfoka 250–300, azonban a kristályos térrészek rövidebbek, mint a természetes szálaké. Így a szál felépítő láncmolekulák több kristályos és amorf egységen haladnak át, ezért marad szilárd a kis polimerizációfokú változat (szemben pl. a pamutot felépítő cellulózzal, amely 200 körüli polimerizációfoknál szétesik porrá).

A normál viszkózzsálak készíthetők üreges szálként is, amelyek a bennük levő levegő vagy szén-dioxid (utóbbi pl. a kicsepőfürdőbe adagolt alkáli-karbonáttal) buborékok miatt kis lát-szólágos sűrűségűek.

A tompított fényű (mattított) szálak a szálképző oldatba kevert eltérő fénytörő képességű hozzáadékokkal [olajok, szerves pigmentek (főként titán-dioxid)] érhetők el.

Az animalizált viszkózzsálakat gyapjúra alkalmas színezékekkel (savas, fémkomplex, krómpác stb.) lehet színezni a szálkeverékek esetén. Ezt néhány tömegszázalékban adagolt kazein fehérje hozzáadattal érik el. Az animalizálás egyes nitrogén-bázisok (pl. etilén-imin) bevitelével, vagy aminoplasztos műgyantás kezeléssel oldható meg.

Különleges viszkózzsálak

A különleges viszkózzsálak (pl. nagy nedves modulusú, polinóz, kord) előállítása során a nagyobb száraz és nedves szilárdság el-



érése, a rendezettség fokozása, a polimerizációfok növelése érdekében módosított technológiát alkalmaznak. Ezek a – modálszálak biztosító – módszerek több tényező és állapotjelző célirányos megváltoztatását foglalják magukban:

- nagyobb átlagos polimerizációfok elérése az előérlelésnél,
- a xantogenálási folyamatnál a reakció hatékonyságának növelése,
- a kicsapófürdőben kisebb sav-, és nagyobb sókoncentráció alkalmazása,
- a szálszilárdulást biztosító fürdő hőmérsékletének emelése igény szerint,
- a szálképzés közbeni nyújtási hatások növelése.

Így a módosított viszkózzsálak belső rendezettsége fokozottabb, nagyobb a száraz és nedves szakítóerejük (kisebb szakadási nyúlással párosulva), keresztmetszetük a szálképző nyúlással azonos (pl. kör alakú, a csipkézettség a kéregreteg hiányában elmarad).

A modálszálak (S. Tachikawa fejlesztette ki 1951-ben) csoportjába azok a viszkózzsálak sorolhatók, amelyek legalább 22,5 cN/tex nedves fajlagos szakítóerővel és maximum 15% szakadási nyúlással rendelkeznek. Az idetartozó HWM (az angol High Wet Modulus kifejezésből) nagy nedves modulusú szálak alig duzzadnak, azonban lúgra érzékenyek. Előállításuk során kisebb koncentrációjú nátronlúggal állítják elő a cellulóz-nátriumot, elmarad az érlelés és nagyobb mértékű a szálképzés során alkalmazott nyújtás. A szintén modál szálfajtához sorolt polinózzsálakat [(elnevezés a „polymère non synthétique” francia kifejezésből) értelem szerűen nem szintetikus, hanem natív polimer] nagyobb viszkozitású oldatból, módosított összetételű kicsapófürdőben húzzák. A normál viszkózhoz képest nagyobb szilárdság, kisebb mértékű duzzadás és kedvezőbb lúggal szembeni viselkedés jellemző.

Az ún. kordviszkózt gumiabroncsok vázszerkezetére használják, ahol a nagy szilárdság és tartósság alapkövetelmény. Ezt a száltípust 90 °C-os kicsapófürdőben állítják elő, amelyben kisebb a kénsav töménysége, ugyanakkor a só (nátrium-szulfát és cink-szulfát) nagyobb koncentrációban van jelen. A megváltoztatott szálképzési folyamatban a koaguláció meggyorsul, a regenerálás relatív (kicsapódáshoz viszonyított) sebessége viszont csökken. Feltételezhető az is, hogy a cink-cellulóz-xantogenát összetételű, mintegy kutikulaszerű (mint a gypjűszálnál) vékony szálfelületi réteg lassítja a regenerálási folyamatot. A szuper-kordműselyem gyártásánál modifikátorokat (polietilén-glikol, különböző aminok) is adagolnak a kicsapófürdőbe. Ezek lassítják a sav behatolását a kialakuló szálba és elősegítik a dehidratáló hatást.

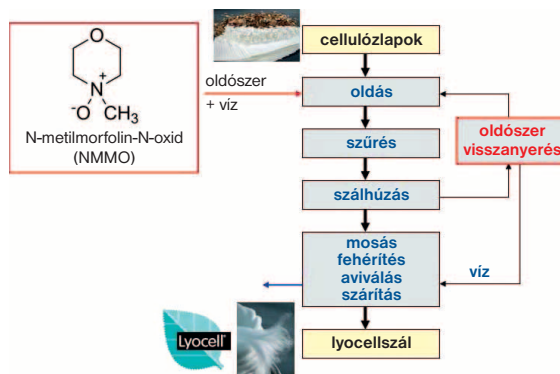
Lyocellszál

A viszkóz előállítása nagy energiaigénnyel és környezetkárosító anyagok használatával (nátron-lúg, szén-diszulfid, kénsav), továbbá ezek légtérbe kerülésével jár. A szén-diszulfid rendkívül mérgező és tűzveszélyes! A környezetkímélő szálgyártás és egyes használati tulajdonságok javítása érdekében fejlesztették ki az 1980-as években a lyocell szálanyagot, amelyet 1985 óta gyártanak és széles körben feldolgoznak. Keményfából (tölgy-, nyírfá), illetve bambuszból vagy eukaliptuszból nyerik a cellulóz alapanyagot. A lyocellszál előállításához nagy tisztaságú cellulózra van szükség, lényeges a hemicellulóz és lignin kísérőanyagok eltávolítása (előhidrolizálással vagy szulfiteljárással). A tiszta cellulózt N-metilmorfolin-N-oxidban (NMMO) oldják, az így képzett nagy molekulájú oldatból történik a szálképzés nyújtás alkalmá-

zásával. Ezután mosás, igény szerint fehérítés, majd aviválás és szárítás következik.

A lyocellszál puha fogású, a viszkóznál is jobb nedvszívó képességű, száraz és nedves szilárdsága egyaránt megfelelő. Az ebből készült termék kevésbé gyűrődik, mint a viszkóz alapanyaga. Kedvező nedvességfelvevő és nedvességleadó képessége a nanofibrillás szálszerkezetből ered.

A kisebb víz- és energiaigényű, teljesen zárt rendszerű eljárás során szinte nincs károsanyag-kibocsátás, miután az alkalmazott oldószer majdnem teljes egészében visszanyerhető és ismételtelen felhasználható.



A lyocellszál előállítása

Regenerált cellulózzsálak szabályos megnevezései

A normál eljárással készült viszkózzsál nemzetközileg elterjedt neve annak idején a rayon kifejezés lett, egy 1920-as évek közepén meghirdetett amerikai pályázat eredményeként. Mindenképpen a mesterséges selyem fényességére utal az elnevezés. Nagy valószínűséggel feltételezhető, hogy a francia rayon [pl. (fény)sugár] kifejezés a névadó, de elképzelhető a sunray (nap-sugár) és a cotton (pamut mint szintén cellulózzsál) szavakból képzett elnevezés is.



Korabeli „rayon, viscose” reklámok

Az 1007/2011/EU-rendelet – a textilszál-elnevezésekről és a textiltermékek száloösszetételének ehhez kapcsolódó címkézéséről és jelöléséről – alapján néhány fontos magyar nyelvű jelölés a regenerált cellulóz szálanyagokkal kapcsolatban:

- A selyem megnevezés csak a természetes eredetű selyem esetében alkalmazható, „amelyet kizárólag a selyemfonal-kibocsátó rovarok gubójából nyernek” (így a mesterséges végtelen szálak esetében szigorúan tilos az ilyen todalék, ki-váltképpen tiltott a műselyem kifejezés használata).
- A viszkóz megnevezés a „viszkóz-eljárással készült, regenerált cellulózból álló végtelen és vágott szál” estében használható.



- A modál szálmegnevezés alkalmazható, ha „módosított viszkóz-eljárással előállított nagy szakítószilárdságú és nedves modulusú regenerált cellulózsál”-ról van szó (száraz állapotban a szakítóerő és nedvesen az 5%-os megnyúláshoz szükséges erő képletei a rendelet melléklete szerint). A polinóz elnevezés nem megengedett.
- Lyocellszálként tüntetendő fel, ha a „szerves oldószerrel (szerves anyagok és víz keveréke) és oldatból történő szállképzési eljárással, származékok képződése nélkül előállított regenerált cellulózsál” képezi a textilá nyersanyagát részben vagy egészben.

Hazánkban Nyergesújfalun 1941. április 7-én alapították Magyar Viscosa Rt.-t, az üzemben 1943-ban kezdődött meg a viszkózsáallgyártás (emellett a regenerált cellulózból készült celofán- és szivacs-előállítás). Az államosítás után Magyar Viscosagyár néven működött tovább az üzem (1993-tól ismét Magyar Viscosa Rt.). A viszkózüzemi gépek az 1960-as évek végére elavultak, a termelési volumen és a gyártás gazdaságossága nem tette lehetővé az addigi technikai háttérnek megfelelő gyártás folytatást. Az 1968 és 1973 közötti időszak termék váltása során ugyan meg-



viszkóz végtelen szál



viszkóz vágott szál



celofán csomagolóanyag



nyílt cellás szivacs

Viszkózból előállítható termékek

szúnt a viszkóz végtelenszál-, a celofán- és a szivacsgyártás, de fejlesztették a vágott viszkózsáallgyártását. 1973-ra a gyártási kapacitás megkétszereződött. Egy évtizedes termelés után, műszaki és gazdaságossági okok miatt 1983-ban leállították az egyik szállképző gépet, majd 1991. szeptember 15-én véglegesen befejezték a vágott viszkózsáall előállítását.



Sikeres nők a kémiatudományban

A Magyar Kémikusok Egyesülete az IUPAC 100 éves évfordulója alkalmából meghirdetett The Global Breakfast Networking activity (Empowering Women in Chemistry) felhívásához csatlakozva 2019. február 12-én összejövetelt szervezett az MKE székházában. A programban hat, 30–80+ korú, a tudományban kiemelkedőt nyújtott tudós hölgy beszélt pályájáról, élményeiről, tapasztalatairól.

Dömötör Orsolya Tiszán innen, Primán túl – Egy Junior Prima Díjas kutatónő hétköznapijai a Szegedi Tudományegyetemen, *Farkas Etelka* Eredmények és nehézségek egy női kutatói pálya során, *Hargittai Magdolna* Molekulák – szimmetriák – tudósok,



Mátyus Edit A cheerful superposition: motherhood and scholarship in the quantum era of molecular science, *Medzihradszky-Schweiger Hedvig* 70 év a szerves analitikában, *Szántay Judit* Aki több mint egy polihisztor, hiszen egy nagymama címmel tartott előadást.

Az elhangzott beszámolókból megtudhattuk, hogy szinte minden hölgy életében előfordult nemének szóló negatív diszkrimináció, amit azért a közvetlen családi és/vagy kollegiális környezet többnyire kompenzálni tudott, és a kutatás melletti kitartás-



sal, a szakmai elkötelezettséggel mindannyiuknál eddig legalábbis (hiszen vannak közöttük még pályájukat futó kolleganők) a nehézségeket le tudták győzni. A hallgatóság, amely zömmel hölgyekből állt (sajnos csak két férfi kollega volt jelen), örömmel hallgatta a beszámolókat és fogadta a jó tanácsokat. Ez a találkozó is hozzásegít bennünket ahhoz, hogy a tudományban „a nők érvényesülése összehasonlíthatatlanul nehezebb” lassan-lassan idejétmúlt sztereotípiává váljon.

Kiss Tamás





Előhang a sosemvolt elemek megismeréséhez



2019 az Elemek Periódusos Rendszerének Nemzetközi Éve. Ennek köszönhetően máris érzékelhető, hogy a saját kitüntetett figyelmet szentel a kémiának, s ezen belül is az elemek kultúrtörténetének. Kevesen gondolnak bele abba, hogy a 20. század előtt igen nehéz volt megbizonyosodni arról, hogy egy adott anyag valóban nem bontható tovább más anyagokra. Ilyen szemmel nézve könnyen érthető, hogy a kémiatörténet bővelkedik olyan elemazonosításokban, amelyeket később hibásnak találtak. Az ilyen „elemi tévedések” szá-

ma jóval meghaladja az ismert elemek számát, s mintegy tucatnyi esetben a felfedezések és az azt követő cáfolatok története elég érdekes és tanulságos is ahhoz, a periódusos rendszer születésének 150. évfordulóján fel-elevenítsük őket. Maga Mengyelejev – remek intuíciójának és talán egy kicsit a szerencsének is köszönhetően – mindössze egyetlen olyan elemet írt be elsőként publikált periódusos rendszerébe, amely nem állta ki az idők próbáját. Ennek a történetét már csak azért is érdemes körüljárni, mert jól mutatja azt, hogy a tudományos megismerés során a hibák felismerése révén gyakran többet lehet tanulni, mint a helyes megállapításokból.

Didímium

Ha valaki alaposan áttanulmányozza Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1834–1907) első, 1869-ben publikált periódusos rendszerét, mindössze egyetlen olyan vegyjelet talál benne, amelyet nem lehet könnyedén ma ismert elemmel azonosítani: ez a Di, amely mellé az orosz tudós a 138-as atomtömeget írta. A vegyjel a didímium anyagot takarja, amelyet 1842-es felfedezése után majdnem fél évszázadig elemnek hittek. A tudományos problémát, a körötte kialakuló vitát és a tévhiteket természetesen az okozta, hogy a ritkaföldfémek sajátságai igen hasonlóak egymáshoz.

Carl Gustav Mosander (1797–1858) svéd kémikusra a mai tudománytörténet a lantán, erbium és terbium felfedezőjeként emlékszik. A Kalmar városkában született tudós egyik egyetemi kémiatanára nem kisebb egyéniség volt, mint maga Jöns Jacob Berzelius (1779–1848). Berzelius máig is emlékeztető eredményeinek egyike, hogy 1803-ban a cerit ásvány vizsgálata révén felfedezte a cérium elemet. Mosander sejtette, hogy az ásványban kisebb mennyiségben más elemek is rejtőznek, ezen a nyomon elindulva 1839-ben fel is fedezte a lantánt. 1842-ben hasonló kísérleti munka eredményeként találta meg az elemnek hitt didímiumot (Mosander, C. G. Pogg. Ann. 1842, 56, 503). A név a didumoi (iker) görög szóból származik, és arra utalt, hogy mindig a lantán kísérőjeként fordul elő. A felfedezést széles körben elfogadták, de a név nem mindenkinek tetszett: Friedrich Wöhler (1800–1882), aki egyébként a felfedező személyes barátja is volt, kissé rosszsmájú megjegyzést tett arról, hogy Mosander négy gyermeke két ikerpárként született. A svéd felfedező viszont azzal érvelt, hogy a „Di”-hez még csak hasonló vegyjel sem volt akkoriban.

Tabelle II.

Reihen	Gruppe I. R ⁰	Gruppe II. R ⁰	Gruppe III. R ⁰	Gruppe IV. R ⁰	Gruppe V. R ⁰	Gruppe VI. R ⁰	Gruppe VII. R ⁰	Gruppe VIII. R ⁰
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24		Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40			V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)				As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85				Nb=94	Mo=96		Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)				Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133							
9	(-)							
10					Ta=182			Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)				Bi=208			
12						U=240		

Az elem felfedezése azonban több problémát okozott, mint amennyit megoldott. Pontos analitikai eredmények azt mutatták, hogy a cérium, a lantán és a didímium együtt a cerit ritkaföldfém-tartalmának még mindig csak 95%-át jelenti. Emellett a didímium atomtömegének meghatározására tett kísérletek a 73–95 tartományban szórtak, ami semmiképpen nem sorolta a ritkaföldfémek közé. A spektroszkópia módszerének elterjedésével többen is észlelték, hogy a különböző ásványi nyersanyagokból kivont didímium atomspektruma nagyon jelentősen eltér, tehát nem lehet egyetlen egységes elem. Minden kutató saját nevét adott a didímiumot valójában alkotó anyagoknak. Ezek közül Robert Bunsen és Carl Auer von Welsbach javaslata állta ki az idők próbáját – kis módosítással. Ők spektroszkópiai analízis után az ammóniumsók savas közegű, frakcionált kristályosítása révén el is különítették a két elemet: az egyik a praeodidímium (zöld didímium), a másik a neodidímium (új didímium) nevet kapta. A modern használatban ezek közepéből az első „di” szótag kikopott, így nyerte el mai nevét a praeodidímium (Pr) és a neodidímium (Nd), amelyek nemcsak nevük eredetét tekintve ikrek, hanem valóban egymás mellett vannak a periódusos rendszerben.

A részletek tisztázása ellenére a didímium név az első világháború végéig széles körű használatban maradt, csak éppen már a két anyag (eredettől függően változó összetételű) keverékét jelentette. Sőt, spektrofotométerek hullámhossz- és abszorbancaikalibrációjához mind a mai napig vásárolható didímiumüveg nevű standard.

Lente Gábor





CHEMISTRY in Europe

Newsletter for European Chemistry, published by EuChemS

Issue #2019 – 1

EDITORIAL



2019: a year to celebrate Chemistry

As we celebrate a new year, our first thoughts immediately turn to the commemoration of the International Year of the Periodic Table (IYPT2019), a wonderful and significant worldwide celebration and of particular relevance to EuChemS. This initiative which already began in 2017 is the result of the

efforts of several associations, including IUPAC, IUPAP, ICSU, IAU, IUHPS and of course EuChemS. From the very beginning, we have played an active part in promoting the IYPT, recognising it as a great opportunity to transmit to society the importance of chemistry, and to highlight its role in providing solutions to the many challenges humankind is facing, and will continue to face in coming years.

As we celebrate the Periodic Table, a truly iconic symbol in science, EuChemS decided that it would be interesting to design and provide our own icon. The result is a unique and different periodic table that aims to be thought-provoking and stimulate debate on sustainability. If we want future generations to study a periodic table as we have known it, we need to be very careful with how we use, misuse and recycle the 90 elements that make up everything. This is the message behind our table. We wish to highlight the real threat for many elements and in addition, show the unsustainable use of endangered elements in our smartphones.

This table of element scarcity has been very well received by our member societies, and we can already boast of having had it translated in over 20 languages, with more expected soon. The EuChemS Periodic Table was officially [launched](#) on 22nd January 2019 at the European Parliament.

Another important initiative to promote the Periodic Table and in particular to reach younger generations is the very recent video game we have developed. The target audience is 11-15-year-old children and the aim is to explain the basis of the periodic table and compound formation while engaging in a fun and otherworldly adventure. Everything you need to know about the game can be found [here](#).

Read the full editorial online:

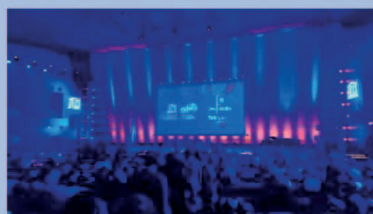
<https://www.euchems.eu/newsletters/chemistry-in-europe-2019-1/>

*Pilar Goya Laza
President, European Chemical Society*

FOCUS

EuChemS at IYPT2019 Opening Ceremony

On 29 January 2019, EuChemS President Pilar Goya, together with the EuChemS Secretariat made their way to Paris for the opening ceremony of the International Year of the Periodic Table (IYPT2019). The celebrations drew over 700 participants from around the world, and included an outstanding line-up of speakers, led by Ben Feringa, Chemistry Nobel Laureate 2016, Yuri Oganessian, best known for discovering element 118, and Sir Martyn Poliakoff, who delivered an entertaining and educational talk on the various Periodic Tables in his office – including the recent EuChemS Periodic Table of element scarcity. In the exhibition area, our latest initiative, the video game 'Elemental Escapades!' was available to try out, whilst a framed EuChemS Periodic Table was on display. The many inspiring discussions that took place, and the numerous upcoming activities to celebrate the IYPT2019, bode well for making this year an especially important one for Chemistry and science in the world. EuChemS is one of the founding partners of the IYPT2019.



POLICY

Employment Survey for European Chemists (ESEC2): a brief overview

Employment conditions and career opportunities are in the focus of the recent Employment Survey for European Chemists. The questionnaire on employment conditions for European chemists in Europe was developed and the survey executed by the [European Chemistry Thematic Network Association](#) and the European Chemical Society. EuChemS and the American Chemical Society (ACS) agreed to harmonise their respective surveys as the first step towards a future cooperation in this field.

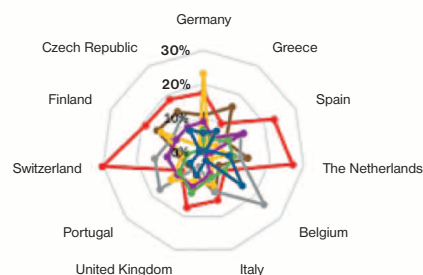
The report is freely accessible online [here](#).

Education, career planning, requested qualification, important employer sectors, job satisfaction, job success, and salaries have been analysed for Europe as a whole as well as for all countries with a statistically significant number of responses.

63% of all answers came from chemists who graduated within the last 15 years, hence the report illustrates the current employment conditions for European chemists very well. The participation of industry employees accounted for 38% of the responses. The total share of women in the survey was 41 %.

You can read the full article online: <https://www.euchems.eu/newsletters/chemistry-in-europe-2019-1/policy/>

*Reiner Salzer,
ECTN and TU Dresden*



RESEARCH

Listen to chemists on the EYCN YouTube Channel

Do you want to know the favourite chemical reaction of this year's Chemistry Nobel Laureate? Or are you interested to hear about the EuChemS President's view on women in science? If so, you absolutely need to [watch the interviews](#) conducted with a variety of researchers during the 7th EuChemS Chemistry Congress (7ECC) in Liverpool last August. Keynote speakers, awardees, renowned researchers, Nobel Prize winners, early stage researchers and finalists of the European Young Chemist Award (EYCA) took part in the new web series "EYCN Interviews". The interviewees include well-known scientists, such as Pilar Goya (EuChemS President), David Cole-Hamilton (EuChemS Vice-President), Peter Dorhout (ACS President), Dame Carol Robinson (RSC President) and Nobel Prize winners Ben Feringa and Frances Arnold, among others.

The questions capture a variety of topics from discussing important tasks, such as establishing equal opportunities for women in science, to public outreach to build a positive attitude towards chemistry in the community. Additionally, our interviewees shared several stories and entertaining moments with us. Highlights include Frances Arnold's inspiring opinion on the future of science and the position of women therein, Ben Feringa discussing better outreach to younger generations and Peter Stang's and Peter Dorhout's advice for early career researchers.

You can read the full article online: <http://bit.ly/2SI0kbl>

*Antonio Manuel Rodríguez García,
European Young Chemists' Network*

MEMBERS' PERSPECTIVES

125th Anniversary of the Norwegian Chemical Society

In 2018 the Norwegian Chemical Society (Norsk Kjemisk Selskap – NKS) celebrated its 125th anniversary. The NKS was founded on the 2 May 1893, in Oslo – known at the time as Kristiania. Today, the NKS has 10 divisions spanning most sub-disciplines of chemistry, as well as 7 regional groups. Membership numbers have been slowly declining for the last decade and presently the Society has approximately 1,700 members. In earlier years several activities were to a considerable extent linked to chemical industry, but setbacks have led to a lower number of chemists in industry.

The larger share of meetings take place within the regional groups and divisions, and several divisions organise annual national meetings.

You can read the full article online: <http://bit.ly/2TYJ8us>

Harald Walderhaug
 Secretary General, Norwegian Chemical Society

Open Access: GDCh demands improvement in “Plan S”

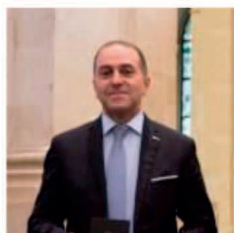
On 6 December 2018, the Executive Board of the Gesellschaft Deutscher Chemiker (German Chemical Society, GDCh) released a statement on the so-called “Plan S”. The GDCh supports the basic intention of Plan S but criticises some of the points presented.

The cOAlition S, an association of eleven European research funding organisations, published Plan S on 4 September 2018. This plan defines [ten principles](#) for publishing research results under the conditions of Open Access. The GDCh supports the basic intention of Plan S and welcomes some of the principles. For others, however, it fears that some of the key points will have significant harmful effects on the scientists concerned and on Europe as a research location.

You can read the full article online: <http://bit.ly/2TYJ8us>

Karin J. Schmitz
 Head of Public Relations, GDCh

MEET...



Marc Taillefer is the President of the French Chemical Society and Research Director at the Institut Charles Gerhardt de Montpellier.



Izabela Nowak is the President of the Polish Chemical Society. She is Professor at the Faculty of Chemistry of the Adam Mickiewicz University in Poznan.

NOTES

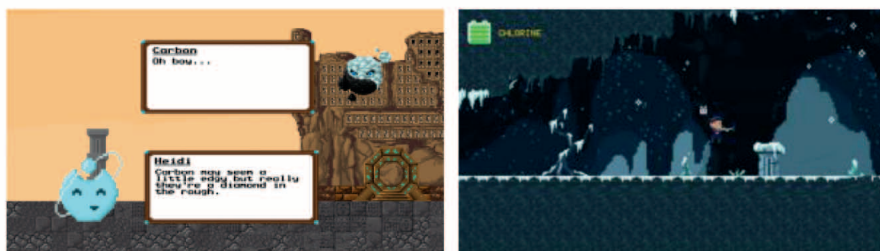
The Periodic Table of Chemical Elements and us

The EuChemS Periodic Table depicting element scarcity was unveiled and discussed at a EuChemS event in the European Parliament on 22 January 2019. The event, chaired by MEPs Catherine Stihler and Clare Moody, presented an encompassing overview of what element scarcity means for us: both on a scientific level, but also economically and politically.

You can read the full article online: <http://bit.ly/2Nmwp8x>



Elemental Escapades! A Periodic Table Adventure



As part of the International Year of the Periodic Table (IYPT2019) celebrations, EuChemS has unveiled a thrilling [video game](#) where you will learn about basic chemical elements and combine them to make useful compounds to navigate and journey through a strange alien world that you find yourself in.

You can read the full article online: <http://bit.ly/2NmWP8x>

CALENDAR

Chemical Sciences for Horizon Europe, education and employability

Brussels, Belgium

7 March 2019

Website: <https://bit.ly/2tx7Syd>

1st GHI World Congress on Food Safety and Security (GHI2019)

Leiden, The Netherlands

24 – 28 March 2019

Website: <https://bit.ly/2qv3SMY>

6th European Chemical Biology Symposium / Meeting of EuChemS Division “Chemistry in Life Sciences”

Madrid, Spain

3 – 5 April 2019

Website: <http://www.ecbs2019euchems.eu>

37th Biennial Meeting of the Spanish Royal Society of Chemistry

San Sebastian, Spain

26 – 30 May 2019

Website: <https://bit.ly/2SZIDoI>

14th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (ISMCS2019)

Lecce, Italy

2 – 6 June 2019

Website: <https://bit.ly/2SMoaP5>

EuChemS Executive Board Meeting

Brussels, Belgium

13 – 14 June 2019

17th International Conference on Chemistry and the Environment (ICCE2019)

Thessaloniki, Greece

16 – 20 June 2019

Website: <https://bit.ly/2P8xq1K>

FUNNY



COLOPHON

Chemistry in Europe (CiE) is the EuChemS quarterly newsletter mainly intended for an audience of chemists. Its objective is to inform the community about research in Europe, to provide updates from EuChemS Member Organisations, and to investigate the latest policy-related developments.

Editorial Board:

David Cole-Hamilton, Willem de Lange, Pilar Goya, Nineta Hrastelj (Chair), Torsten John, Marta Kucza, Alex Schiphorst (Coordinator), Karin Schmitz, Emmanuel Sinagra, Cristina Todasca.

Copyright Notice

Chemistry in Europe is published by EuChemS under a Creative Commons license. EuChemS permits others to copy, distribute or display this content if EuChemS is referred as its sources.



Hatástalanok a köhögéscsillapítók – hazudik a statisztika?

Nem, a statisztika nem hazudik. A statisztika eszköz: legfeljebb az ember hazudik, aki a statisztikai elemzés eredményeit interpretálja (félre). A statisztika ugyanakkor kiváló eszköz a manipulátoroknak, mivel az emberek zöme nem ért hozzá olyan szinten, hogy rájöjjön a turpisságokra. Ezzel könnyen vissza lehet élni: gyönyörű diagramokon bármit be lehet bizonyítani, és megfelelő manipulálással gyakorlatilag ennek ellenkezőjét is.

Pedig néha igen komoly dolgokról van szó, például arról, hogy hatásosak-e bizonyos gyógyszerek. Joggal várjuk el, hogy amikor egy hatóanyagot engedélyeznek, ellenőrizzék, hogy a hatásosságot alátámasztó statisztikai elemzések szakszerűek. A gyógyszerhatóságok bírálói igen szigorú és ilyen szempontból is szakértő emberek, de ha a diskurzus kevésbé ellenőrzött terepen (pl. a sajtóban, akár szaklapokban) történik, nagyobb az esély a ferdtésre.

Még jobb a helyzet, ha a statisztikai elemzések olyan módját választja a manipulálni vágyó, amihez még a gyakran alkalmazott statisztikai módszereknél is kevesebben értenek. Ha gyógyszerek hatásosságáról van szó, akkor ilyen módszer a metaanalízis. Bár a metaanalízis, mint módszer, kb. 80 éves, a klinikai hatásosság értékelésére csak az elmúlt pár évtizedben kezdték használni.

De miről is van szó? A metaanalízis készítője összegyűjti az összes, mások által közölt cikket, adatot egy bizonyos szer hatásosságára vonatkozóan, majd ezeket egyesítve újra statisztikai elemzés alá vonja, s megállapítja, hogy a bizonyítékok összessége alapján ér-e valamit (a semminél, pontosabban a placebo-nál, esetleg más gyógyszernél többet) az adott gyógyszer. A metaanalízis rámutat az eredeti vizsgálatok gyengeségeire, konklúziói szigorúbbak (és a közvélekedés szerint közelebb állnak a valósághoz), mint az egyes cikkek szerzőinek következtetései. A metaanalízis értékét alapvetően befolyásolja, hogy megfelelően vitelezik-e ki: a jó metaanalízis a hatásosság igazolásának non plus ultrája, a rossz metaanalízis nem több, mint komolytalan vélemény.

A közelmúltban nagy visszhangot kapott a médiában egy hír, amely szerint a köhögés elleni szerek hatástalanok. Mivel köhögés elleni szerből nagyon sokféle van (egy részük köptet, más részük csillapít, s hatóanyag és hatásmechanizmus is számos van), éltem a gyanúval, hogy a magyar sajtóban leegyszerűsítik a hírt. Megkerestem a sokat hivatkozott forrást, az *Independent* cikkét, hát ott is ugyanerről volt szó... Nem volt más hátra, mint a dolgok mélyére ásni, s kiderült, hogy a hírek alapjául szolgáló svájci kutatás nem más, mint metaanalízis...

Anélkül, hogy túlságosan belemennék az unalmas részletekbe, kijelenthető, hogy ez a munka olyannyira szakszerűtlen, hogy a metaanalízis fő megállapítása nem több, mint bármelyik járókelő szubjektív véleménye a témáról. Nem a köhögésre használt gyógyszerek hatásosságának bizonyítékairól értekeznek (azaz nem kívánok sem pro, sem kontra nyilatkozni), csupán azt állítom: olyan módon, ahogyan a szerzők végezték az elemzést,

semmilyen konklúzió nem vonható le. Szomorú, hogy ilyen gyenge minőségű írás egyáltalán megjelenhetett.

Mi a fő probléma? Hát az, hogy a hatásosságról 6 olyan cikk alapján vonnak le konklúziót, amelyek mindegyikében másféle köhögéscsillapítót használtak:

- a leukotriénreceptor-antagonista montelukasztot,
- a béta-adrenerg receptoragonista szalbutamol és az antikolinerg hatású ipratrópium kombinációját,
- zselatint (ez vélhetőleg a gyulladt nyálkahártya bevonásával mérsékli a köhögési ingeret),
- a gyulladáscsökkentő szteroid flutikazont,
- a gyulladáscsökkentő szteroid budesztonidot,
- valamint egy opioidreceptor-agonista és kodein kombinációját.

Tudom, hogy ez a felsorolás sokak számára érdektelen, de jól szemlélteti: egészen különböző (és megjegyzem: eltérő módon ható) szerekről van szó. Ezek közül végül a metaanalízisbe (a statisztikai elemzésbe) mindössze 3 cikk került be, a többit különböző okokból kizárták. S ennek a nem túl stabil lábakon álló elemzésnek az alapján olvashatjuk, hallhatjuk mindenhol: a köhögéscsillapító szerek mit sem érnek... Ez körülbelül olyan, mint ha a zebra, a lapostetű és a vakond megsejtelése után nyilatkoznék arról, hogy szeretem-e az állatokat. (A szerzők által elkövetett egyéb hibák, felületességek, a munka más gyengeségei ehhez képest megbocsáthatóak.)

Az a legnagyobb baj, hogy sokszor olyanok beszélnek metaanalízisekről, akiknek fogalma sincs, hogy mi fán terem egy ilyen elemzés. Szent Grálként lobogtatják, mint bizonyítékot, de képtelenek kritikusan szemlélni és megállapítani valós értéküket. Forgalomban lévő, nyilvánvalóan klinikailag bizonyított hatásosságú gyógyszerekről szedik le a keresztvizet kétes értékű elemzések alapján. Mert félreértés ne essék: itt olyan szerekről is van szó, amelyeket klinikai vizsgálatokban korábban hatásosnak találtak. Arról lehet vitatkozni, hogy egyes, évtizedekkel ezelőtt engedélyezett gyógyszerek megütnék-e a ma elvárt hatásossági, biztonságossági szintet: elképzelhető, hogy egy részüket ma nem törzskönyveznék gyógyszerként (de ezek a szerek lassacskán ki is rostálódnak a gyógyszerkincsből). Eldönthetetlen, hogy a hozzá nem értés vagy a szándékos manipuláció eredményezte a köhögéscsillapítókkal kapcsolatos cikk megszületését, egy azonban biztos: a köhögéscsillapítók megítélése ettől a szakszerűtlenül kivitelezett tanulmánytól nem változhat – sem negatív, sem pozitív irányba.

Csupor Dezső





TÚL A KÉMIÁN

Előbújó Neptunusz-hold

A Voyager 2 űrszonda 1989-ben repült el a Neptunusz mellett, s ekkor fedezett fel hat, korábban ismeretlen, kicsiny holdat a bolygó körül, amelyek mindegyike a nagyméretű Triton pályáján belül kering. Amerikai csillagászok a Hubble űrtávcső segítségével még 2013-ban végzett megfigyelésekkel egy hetediket is felfedeztek ebben a csoportban: ez a Hippokamposz nevet kapta. Átlagos átmérője mindössze

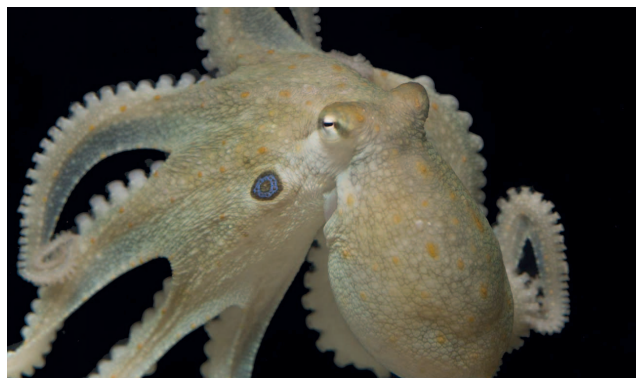
17 kilométer, pályája a kis holdak legnagyobbika, a mintegy 210 kilométer átmérőjű Próteuszé közelében van, s az elméleti számolások szerint abból szakadhatott ki valamikor. Az új hold felfedezésével egy időben számos érdekes megfigyelést is tettek a Neptunusz közvetlen környezetében, s ezek alapján valószínűsíthető, hogy a jelenleg 14 ismert tagot számláló holdrendszer kialakulásában igen jelentős szerepe volt az ütközéseknek.

Nature 566, 350. (2019)

Polipok eksztázisban

A puhatestűek és az emberek közötti evolúciós kapcsolat kimutatása nem túl gyakori dolog. Mégis ez sikerült a „party drug”-ként elhíresült MDMA, más néven ecstasy segítségével. A legtöbb polipfaj meglehetősen intelligens, de egyben aszociális viselkedésű is: saját fajtársai közelségét sem kedveli. Mósusz polipok (*Octopus bimaculoides*) genetikai vizsgálata azt mutatta, hogy bennük a szerotoninnal kapcsolatos kötőhelyek szekvenciája nagyon hasonló ahhoz, ami az emberi genomban található. Az MDMA is itt fejt ki hatását. Ez kísérleti nyomot is hagyott: ecstasy hatása alatt lévő polipok viselkedése a szokásosnál jóval barátságosabbá vált, sokkal gyakrabban érintették meg egymást, mint a kontrollcsoport tagjai. Ez nagyon hasonló az MDMA emberekre gyakorolt hatásához, így az ezért felelős biokémiai mechanizmusnak már fél-milliárd évvel ezelőtt ki kellett alakulnia az evolúció során.

Curr. Biol. 28, 3136. (2018)



Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg1206@gmail.com.

A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html

CENTENÁRIUM



M. M. Portevin, Garvin, H. L. Le Chatelier: La formation de la troostite à basse température dans les aciers au carbone et l'influence de la température d'émersion dans le trempes interrompues

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, Vol. 168, pp. 731–733. (1919. április 9.)

Henry Louis Le Chatelier (1850–1936) francia kémikus volt. Róla nevezték el az egyensúlyi kémiában használatos Le Chatelier–Braun-elvet (amely angolul csak Le Chatelier's principle). Habár mérnöknek tanult, az ipari munka helyett a kémiatanítást választotta. 1907-ben a francia és a svéd akadémia is tagjává választotta. Az itt idézett közlemény egyik társszerzőjével együtt is megőrizte a nevét egy jelenség: a szilárd testek folyási tulajdonságainak területén fontos Portevin–Le Chatelier-hatás.

Új TBC-vakcina

A TBC-t okozó baktériumot, a *Mycobacterium tuberculosis* nagyjából az emberek egy-negyede hordozza, s az általa okozott betegség az egyik vezető halálok a világon. A fertőzés ellen eddig egyetlen védőoltás volt ismert, de annak hatékonysága csak gyermekkorban jelentős. Az elmúlt években a GlaxoSmithKline fejlesztette ki az M72/AS01_E jelű, rekombináns technológiával előállított fehérjét tartalmazó vakcinát, amelynek hatékonyságát nagyszabású klinikai tesztben próbálták ki Kenyában, Dél-Afrikában és Zambiában, 18 és 50 év közötti, a fertőzést hordozó felnőttekben. Az eredmények azt mutatták, hogy az új szer a beadását követő két és fél évben felére csökkentette a betegség kialakulásának valószínűségét, s így használata komoly előrelépést jelenthet a TBC megelőzésében.



N. Engl. J. Med. 379, 1621. (2018)

PERIÓDUSOS KÜLÖNLEGESSÉG





Répási János kollégánkra emlékezve

Ismét gyászol a vegyésztársadalom és a magyar gyógyszeripar: 2019. február 14-én eltávozott közülünk Répási János, a hazai gyógyszerminőségbiztosítás emblemikus egyénisége.



János életútját nehéz néhány fejezetben leírni, de rá emlékezni és ezzel példát állítani mások elé, lehet. 1951. szeptember 18-án született a Szolnok megyei Jánoshidán. Az általános iskolát szülőfalujában végezte el, majd a jászberényi Lehel Vezér Gimnázium következett. 1971-ben kezdte meg egyetemi tanulmányait a BME Vegyész-mérnöki Karán. Diplomamunkáját az akkor még Magyarországon alig művelt, távoli FT-IR spektroszkópia, és ehhez kapcsolódóan, erőállandó-számítások témájából írta. A diploma megszerzése után a Tiszavasvári Alkaloida Vegyészeti Gyárba került, ahol a Minőségellenőrzési Főosztály analitikai-fejlesztési egységében kezdett dolgozni. Akkoriban a cég hatóanyag-, gyógyszer- és növényvédőszer-gyártással is foglalkozott, téma volt bőven az okos, intelligens fiatal mérnök számára. Nagyon intenzív munkás évek következtek, amelyek eredményességét számos újítás és szabadság fémjelezte, majd egyetemi doktori disszertációja készült el 1980-ban. A vállalat vezetése gyorsan felfigyelt kivételes képességeire, szakmai és vezetői kvalitására, és nagyon fiatalon, 1983-ban kinevezték a Minőségellenőrzési Főosztály vezetőjévé.

A következő évtizedben azon dolgozott, hogy egy olyan analitikai bázis jöjjön létre az Alkaloidában, amely képes arra, hogy a kor követelményeinek megfelelő háttérrel adjon a cég által gyártott termékek vizsgálatához, a hazai, európai és amerikai törzskönyvezéséhez. A 90-es években az analitika után a minőségbiztosítás lett az új szerelem. Többéves előkészítő munka után János vezetésével a cég 1994-ben megszerezte az ISO 9001 tanúsítást. A kapcsolódó kézikönyveket csak úgy emlegették a gyárban, hogy „János evangéliuma”. Ezt követően János megkapta a vállalat alapítójáról elnevezett Kabay János-díjat.

Vezetői munkája mellett a tudományos munkákra is szakított időt. Részt vett a VII. Magyar Gyógyszerkönyv szerkesztési munkáinak befejezésében, 1988-ban a szívre és keringésre ható gyógyszerek fejlesztésében elért eredményeiért megkapta az MTA Novicardin-díját, 1994-ben pedig megvédte kandidátusi disszertációját. Erre hivatkozva a BME-től megkapta a PhD-fokozatot is.

1992-től minőségbiztosítási igazgatóként dolgozott.

1999-ben a vállalatnál kedvezőtlen változások történtek, ezért nehéz szívvel úgy döntött, hogy elhagyja az Alkaloidát, és csatlakozott a Human Oltóanyagtermelő és Gyógyszergyártó Rt.-hez, mint az akkori minőségbiztosítási igazgató helyettese, majd egy évvel később, mint utóda. A következő évek során János tökéletesen elsajátította a steril gyógyszerek, infúziók, vérkészítmények és liofilizált termékek gyártásához, minőségellenőrzéséhez szükséges ismereteket is.

2000 elején a Teva Pharmaceuticals megvásárolta a Human Gyógyszergyárat és 4 éven belül a már korábban birtokában lévő debreceni székhelyű Biogalt és a Gödöllőn működő Humant Teva Gyógyszergyár néven vonták össze. Ekkor János megbízást kapott a Teva összes magyarországi telephelye minőségügyi tevékenységének harmonizálására, vezetésére, minőségirányítási igazgatói beosztásban. 2007 és 2010 között a Teva többi Közép- és Kelet-Európában működő vállalatánál is ellátott bizonyos

minőségbiztosítási, rendszerfejlesztési és ellenőrzési feladatokat.

Jánosnak nagy szerepe volt abban, hogy a Magyarországon működő Teva Gyógyszergyár a világon működő több, mint 40 Teva gyár között sok mutatóban az elsők közé került. Termékei nagyon sok, európai, amerikai és más területeken lévő országban bevezetésre kerültek és néhány, Gödöllőn gyártott termék az USA-ban is forgalomba került. János elismertséget és megbecsülést szerzett a társvállalatok és legszigorúbb nemzetközi hatóságok előtt is.

A gyógyszer-analitika területén kifejtett munkásságáért 2008-ban megkapta a Magyar Gyógyszerésztudományi Társaság által alapított Schulek Elemér-díjat, és még ugyanebben az évben elnyerte az MKE Pfeifer Ignác-díjat is a vegyiparban eltöltött több évtizedes eredményes munkásságáért.

2011 végén nyugállományba vonult, és azóta is szinte a legutolsó napig minőségbiztosítási tanácsadói területen és az oktatásban dolgozott.

Ezek röviden a gazdag életút mérföldkövei. Emberi nagysága azonban a szakmai eredményeken is túlmutatott. János rendkívül nagy tudású, bölcs ember volt, és mint általában az igazán nagy emberek, végtelenül szerény és kedves egyéniség. Munkatársai rajongtak érte, feltétlenül szerették és tisztelték. Munkájában a szakmai tudást és felkészültséget elengedhetetlennek tartotta, de mindenekelőtt saját, belső értékrendjét követte döntései meghozatalánál. Vezetőtársai biztonságban érezték magukat mellette. A gyógyszer-biztonságban nem ismert kompromisszumot. Mindig a minőséget és a betegek biztonságát tekintette elsődlegesnek, és soha nem félt a felelősségvállalástól, még akkor sem, ha véleményét erős ellenszélben kellett megvédenie. János véleménye minőségügyi kérdésekben mindig meghatározó volt, és elfogadottsága nagyban elősegítette, hogy az általa képviselt vállalatok komoly sikereket érjenek el.

Tájékozottsága és éles logikája nemcsak a szakmájára terjedt ki, hanem más tudományokban is rendkívül tájékozott volt. Imádkozott például a csillagászatot és a kvantumfizikát. Csodáltuk matematikai, analitikai és mikrobiológiai tudását és erős logikai képességét. Tudását önzetlenül adta át mindenkinek. Vezetőtársai, munkatársai és tanítványai nagyon sokat tanultak tőle és köszönhetnek neki. Kollégái kivétel nélkül elfogadták és vezetőjüként követték kéréseit és utasításait. Alkotásvágya soha nem hagyta nyugodni. Még az utolsó hónapokban, már nagyon beteg is azon dolgozott, hogy tető alá hozza a „meghatalmazott személy” képzést Magyarországon.

Imádkozta családját, gyermekeit, unokáit és párját, Ritát, aki egész élete során önfeláldozóan segítette őt és szinte már emberfeletti erővel küzdött mellette a halálos kór legyőzésében az elmúlt másfél évben.

Drága Jánoskám! Megtiszteltetés volt Veled dolgozni és barátkozni lenni. Mi, az itt maradtak köszönünk mindent, amit Tőled kaptunk, és örökre fájó, de hálás szívvel gondolunk Rád. Soha nem felejtünk! Nyugodj békében!

Hegedüs Lajos

a Teva Gyógyszergyár nyugalmazott vezérigazgatója

• • • • •

Kromek Sándor emlékére

Életének 81. esztendejében, 2018. február 4-én elhunyt a pécsi Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziumának legendás kémia tanára, Kromek Sándor.



Kromek Sándor 1962-ben Debrecenben, a Kossuth Lajos Tudományegyetemen szerzett kémia-fizika szakos középiskolai tanári diplomát. Pályáját a Nagy Lajos Gimnáziumban kezdte, s bár 1995-től 2003-ig a PTE óraadó tanárként és gyakorlatvezetőjeként is működött, a „Lajos”-hoz egész életében hű maradt. Innen vonult nyugdíjba 1997-ben, de nyugdíjazása után is még 2009-ig erősítette az iskola tantestületét. A

gimnáziumban kezdeményezésére már az 1963/64-es tanévben elindult a kémia tagozat, melynek szellemi atyja volt. Több kémia-tankönyvnek, példatárnak volt a társszerzője, a gimnáziumi elektrokémia tananyagának pedig az egyik kidolgozója.

Kromek Sándor tanár úr szenvedélyesen szeretett tanítani. Nemcsak diákjai, de mi, kollégái is csodáltuk szakmai tudását, vitalitását, tudománybeli naprakészségét, derültünk humorán, példája mindannyiunkat inspirált. Nevelő-oktató munkája során nemcsak tagozatos osztályaival ért el szép sikereket, hanem diákok százaival szeretett meg a kémiát. Tevékenységének gyümölcse abban is megmutatkozott, hogy sok tanítványa a Tanár úr hatására választotta életpályájának a természettudományos vagy az orvosi hivatást. Számára az iskolai munka nem fejeződött be a tanórák után, hanem igazán csak akkor kezdődött. Mindig azt vallotta, hogy a pedagógus pálya sava-borsa a tehetséggonдозás. Gyakran találkozhattunk Vele az iskolában még az esti órákban is, amikor éppen valamelyik versenyre készítette tanítványait. Pályája során több mint 70 diákja ért el OKTV-helyezést, de tanítványai a Ki miben tudósan, a Nemzetközi Kémiai Diákolimpiákon, az Irinyi János középiskolai kémiaversenyeken, a Tudományos Diákkörök Országos Konferenciáin, a Kémikus Diák-szimpoziumokon, a Dunántúli Ifjú Kémikusok Versenyein is sok rangos elismerést vívtak ki maguknak.

Munkáját számtalan kitüntetéssel, díjjal ismerték el (Oktatási Miniszeri Dicséret 1968, 1976, Kiváló Tanár cím 1977, Ötvös László-díj több alkalommal, Szent-Györgyi Albert-díj 1990, Apáczai Csere János-díj 1992, Aranykatedra-díj 1997, Pécs Város Oktatási Díja 2003, Szent Gellért-érem arany fokozata), de köztük talán az egyik legrangosabb a Rátz Tanár Úr Életműdíj, melyet 2008-ban a Magyar Tudományos Akadémián vehetett át.

Aki valaha is találkozott Kromek Sándor tanár úrral, hallotta hangját, magával ragadó magyarázatát, soha nem fogja elfelejteni. Emlékét, példáját és az általa létrehozott értékeket szeretettel igyekszünk megőrizni és továbbadni.

Mostbacher Éva

TUDOMÁNYOS ÉLET

35. alkalommal rendezték meg a Borsodi Vegyipari Napot

Az MKE BAZ Megyei Területi Szervezete és a Miskolci Akadémiai Bizottság Vegyészeti Szakbizottsága a hagyományoknak megfelelően, idén is novemberben, a Magyar Tudomány Ünnepe névnapjában rendezte meg a Borsodi Vegyipari Napot.

A 35. BVN-nek ismét a patinás Miskolci Akadémiai Bizottság székháza adott otthont. A rendezvényt Lakatos János, a MAB Vegyészeti Szakbizottság elnöke nyitotta meg, majd Pálinkó István,

a MKE főtitkára és Roósz András akadémikus, MAB-elnök is köszöntötte a résztvevőket.

Az idén három BAZ megyei MKE-tag is ünnepelte a 75. születésnapját, Bordás Zoltán (a BorsodChem nyugdíjasa), Raisz Iván (a Miskolci Egyetem nyugdíjasa) és Huisz Ferenc (a Mol Petrolkémia nyugdíjasa). Az ünnepeltek Androsits Beáta, MKE ügyvezető igazgató, Tóthné Gaál Hella, a BorsodChem Munkahelyi Csoport elnöke és Fekete Hedvig, a Mol Petrolkémia Munkahelyi Csoport elnöke köszöntötte.

Az előadások jellemzően „A vegyipar jövője” tárgykörét érintették. Előadónak nemcsak neves professzorokat és vállalati vezetőket kértek fel a szervezők, hanem az utánpótlás kérdését komolyan véve középiskolás és egyetemista hallgatók is beszámollhattak eredményeikről.



A délelőtti szekcióban a levezető elnök Lakatos János, a MAB Vegyészeti Szakbizottság elnöke, míg az ebédszünet után Fekete Hedvig, a Mol Petrolkémia Munkahelyi Csoport elnöke felügyelte a BVN programját.

A következő előadások hangzottak el: A vegyipar zöld jövője (Klement Tibor, EBK-igazgató, BorsodChem Zrt.), Új anyagok szintézise és hasznosítása (Viskolcz Béla egyetemi tanár, Miskolci Egyetem), Az egynyári üröm, avagy a rák egy lehetséges ellenszere (Bereczki Anna–Juhász Anna, a Lévy József Református Gimnázium és Diákotthon tanuló, felkészítő tanár: Molnárné Litványi Krisztina), Hatalmas fejlesztések a Mol Petrolkémiaiban: a Poliol projekt (Bodolai Béla üzemeltetési mérnök, Mol Petrolkémia, Környezetorientált Szén-dioxid Partnerség a megújuló energiaért és nyersanyagért (Mizsey Péter egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Kémiai Intézet), Konzervgyári vízelőkészítés környezeti terhelésének csökkentése (Raisz Iván, Enviro-Pharm Kft.), TDI komponenseinek meghatározása kapilláris gázkromatográffal és HPLC-vel (Magyar Miklós labor főmérnök, BorsodChem Zrt.), Édes Álmok? – Cukoralapú Poliuretánok Fejlesztése (Fiser Béla, tud. segédmunkatárs, Miskolci Egyetem, Marie Curie Alumni Association Magyar Tagozat), DNT és TDI üzemi racionalizálás (Korbács Ákos gyakornok, BorsodChem Zrt.), MDI-előállítás vizsgálata kísérleti és elméleti módszerekkel (Boros Zsanett PhD-hallgató, Miskolci Egyetem, fejlesztőmérnök, BorsodChem Zrt.), Szén-dioxid megkötése és hatékony hasznosítása mikroalgaalapú technológiával (Fózer Dániel PhD-hallgató, BME).

A rendezvény vonzerejét az is növelte, hogy nincs részvételi díj és mindenki számára nyitott. A rendezvényt az MKE mellett a BorsodChem Zrt. és a Mol Petrolkémia támogatta. A közel 60 résztvevő hasznos ismeretekkel gazdagodott, továbbá lehetőség volt az előadókkal való kötetlen beszélgetésre is.

MKE BAZ Megyei Területi Szervezete



Kozmetikai Szimpózium, 2018

2018 novemberében tartottuk meg az évente megismétlődő kozmetikai szimpóziumot, melynek témája a kozmetológia és a dermatológia kapcsolódó területei.

Minden évben lehetőséget biztosítunk egy vállalkozás bemutatkozására, melynek célja megismerni a múltjukat, jelen tevékenységüket, kooperációs lehetőségeiket, eredményeiket. Most a Helia-D Kft. került sorra. Az 1981-ben gyógyszeripari kapcsolattal létrejött vállalkozás sorozatos átalakulásokon keresztül, és ma is a minőségi kozmetikumok gyártásának egyik fellegvára hazánkban.

Az SZTE Gyógyszertechnológiai és Gyógyszerfelügyeleti Intézete idén is két előadással gazdagította a programot. Az első prezentáció a „Quality by Design” kutatásfejlesztési modell alkalmazhatóságát és fontosságát mutatta be a kozmetikumok fejlesztése során. A második előadás a babaápolási termékekben alkalmazott cink-oxid hatásának vizsgálatáról számolt be.

Az Infinite Activos 2006-ban létrejött spanyol biotechnológiai cég a gyógyszeriparban is alkalmazott hordozóanyagokkal mutatkozott be, Az általuk kidolgozott „delivery system” célja a megfelelő hatóanyag megfelelő helyre juttatása. Három hordozórendszert alkalmaznak: polimer-, lipid- és fémalapút. A módszer alkalmas 1% Retinol-koncentrációig stabil rendszer előállítására.

A bőr mikrobiológiai borítottságával két előadás is foglalkozott. A Phenbiox képviselője ráirányította a figyelmet a bőr mikrobiom állapotára, illetve ennek az ökológiai rendszernek és a biodiverzitás megvédésének fontosságára. Bemutatta a Pure-Phen és a Life Essence-Vitis terméket, mely utóbbi a szőlővessző nedvéből kivont hatóanyagot tartalmazza. A CLR GmbH képviselője a probiotikus lizátumok felhasználási lehetőségét mutatta be. Tudvalevő, hogy a bőrön nem léteznek probiotikus baktériumok, viszont a lizátumok kapcsolódni tudnak a bőr keratinocitáihoz, és ez kedvező a bőr barrier funkciója elősegítésére. Ilyen például az Elemis nevű termékük, mely segít megerősíteni a bőr biodiverzitási egyensúlyát és a mikrobiom rendszer fenntartását.

Az Aprovitall Group spanyol cég lengyel leányvállalatának vezetője a növényi eredetű aktív anyagokról tartott előadást. Megállapították, hogy a növényi összetevők (ADSC) jótékony hatást fejtenek ki a dermális fibroblasztokra. Orchistem nevű terméküket orchideából kivont összetevőkből állították elő, és mérésekkel igazolták az érett bőrre gyakorolt jótékony hatását a szemkontúr és az arc alsó részének kezelésével már tizennégy nap hatásidővel. A felső szemhéjat emelő hatása 56 nap után 7,6%-os, míg az arc-ovális emelőhatás 11%-os eredményt hozott.

A babaápolási termékek irritációs hatásáról a Szent István Egyetem kutatója számolt be. Vizsgálataik szerint az irritációs hatás és az anionaktív anyag koncentrációja között szoros összefüggés van. A méréseket a Zein-tesztel végezték el. Számos külföldi és magyar babaápolási termék, szilárd és folyékony fürdetők, samponok vizsgálata alapján irritációs sorrendet állítottak fel.

Az illatok csodálatos világába engedett betekintést a Softchem Kft. képviselője, aki bemutatta a 7 illatcsoportot, az ezekből komponálható illatalkordokat, és szaglósíkon a hallgatóság is megismerhette ezeket.

Konferenciánk visszatérő témája a gyógynövények reneszánsza. A gyógynövény-kivonatok legjobb hazai tudósai, az MTA, a SOTE és az SZTE kutatói évente színesítik konferenciánkat szemléletes és hasznos előadásaikkal. Felhívták a figyelmet a kivonatok antioxidáns hatásának vizsgálatára és bizonyítására. Gyakran

tapasztalható, hogy az antioxidáns jelző gátlástalan használata csak marketingcélokat szolgál, de a hatása nem mért és nem bizonyított. Egyszerűen „valós marketinget a növényeknek” mondta az előadó.

Különös színfoltja volt a konferenciának az UNESCO-ELTE Nyomelemintézet kutatójának az ajurvédikus szerekéről tartott előadása, mely elsősorban az indiai ajurvédikus készítmények (homeopátiás gyógyszerek, kenőcsök) arzénkoncentrációjának mérési módszeréről szólt.

Ez alkalommal a konferencia tematikája tartalmazta a kozmetikai ipar környezetvédelmi kérdéseit is. E témában felkértük a Csomagolási és Anyagmozgatási Országos Szövetség főtítkárát, hogy ismertesse az egyszer használatos műanyag termékek irányelvtervezetét.

A több mint 80 fő résztvevő és két kiállító cég (CH Erblöh GmbH és Anton Paar Hungary Kft.) részvételével tartott egész napos rendezvény sikere megerősít bennünket abban, hogy továbbra is évente megrendezzük a kozmetikai szimpóziumot. Ezúttal is köszönetet mondok a szervezésért az MKE Titkárság dolgozóinak, valamint a kiváló szinkrontolmácsolásért Zamecné Lázár Tündének.

Szirmai Sándor

a Kozmetikai Társaság elnöke

OKTATÁS

V. Müller Ferenc Kémiai Emlékverseny

A Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnáziumban került sor az V. Müller Ferenc Kémiai Emlékversenyre. A verseny célja, hogy felhívja a diákok figyelmét a kémia sokszínűségére, betekintést adjon az elemek felfedezésének történetébe, a fizikai és kémiai tulajdonságaiba, gyakorlati felhasználásukba. A verseny tartalmában is megemlékezik a tellúrról és annak felfedezőjéről (Müller Ferenc, 1782). Az eredetileg regionális rendezvény 2018-ban országos versennyé bővült, sőt a szervezők és a Müller Ferenc Társaság a kárpát-medencei szintű kiterjesztésén is gondolkodnak. Ez annál is inkább indokolt, mert Müller Ferencnek mint a Monarchia tisztviselőjének a tevékenysége az egész történelmi Magyarország területére kiterjedt [1].

A versenyre 12 iskola 27 csapata, összesen 74 diák jelentkezett. A verseny írásbeli tesztből, továbbá nemcsak a diákoknak, hanem az érdeklődő közönségnek is érdekes, sőt izgalmas kvíz formájú részből állt. Az első helyen a Dombóvári Belvárosi Általános és Alapfokú Művészeti Iskola csapata (Bata Marcell, Vida Liliána) végzett, felkészítő tanáruk Csáki Anita. A második helyezett a Jókai Mór Általános Iskola, Pécs csapata lett (Kocsis Virág, Puskas Péter, Szeles Léna), felkészítő tanáruk Hegyiné Király Krisztina. A harmadik helyen a Pécsi Belvárosi Általános Iskola csapata (Szabó Benedek, Ernyő Alexandra, Wagner Mihály) végzett, felkészítő tanáruk Rósné Molnár Anita. Különdíjat kapott a negyedik helyezett Papp Marcell Imre (Corvin Mátyás Általános Iskola, Kecskemét), felkészítő tanára Labancz István. Az győztes csapat értékes nyereménye egy tanulmányút Poysdorfba, Müller Ferenc szülővárosába 2019 tavaszán. Javasoljuk az érdeklődő magyarországi iskoláknak, hogy a következő évi versenyen való részvétel ügyében vegyék fel a kapcsolatot a szervezőkkel.

A nap során a versenyzők és az érdeklődők számára Riedel



Az V. Müller Ferenc Kémiai Emlékverseny győztesei

Miklós (ELTE) tartott előadást Görgey Artúr kevésbé ismert vegyész tevékenységéről, életének nemcsak prágai, hanem klagenfurti és pesti időszakából. A verseny után került sor a Müller Ferenc Társaság közgyűlésére Sipos Pál (SZTE) elnökletével. Ezen megvitatták a verseny és a Társaság jogi státusát, egy tervezett emlékkiállítás lehetőségét és – külön érdekességgként – Müller Ferenc kémiai kutatásainak megismétlését a szegedi egyetem laborjában. „Nézzük meg 238 év távlatából, melyek is voltak azok a kísérletek, amelyek elvezettek odáig, hogy a többi hasonló elemtől megkülönböztessék a tellúrt.” A Társaság megalakulásáról és céljairól e lap hasábjain jelent meg részletesebb beszámoló [2].

Riedel Miklós

IRODALOM

[1] Tringli István, Szabadváry Ferenc, MKL (1986) 458.

[2] Nagy István, MKL (2018) 174.

HÍREK AZ IPARBÓL

Vegyipari mozaik

A Richter és az Allergan Latin-Amerikára is kiterjeszti a Levosertre vonatkozó forgalmazási megállapodásukat. A Richter Gedeon Nyrt. az Allergan plc 100%-os tulajdonában lévő leányvállalatával forgalmazási és szállítási megállapodást kötött a levonorgestrel hatóanyagot kibocsátó, méhen belüli eszköz (IUS), értékesítési jogainak kiterjesztéséről a latin-amerikai országokra. Európa legtöbb piacán a Richter 2011 óta már értékesíti a Levosertet az Allergannal korábban elfogadott megállapodások alapján. A termék bevezetését követően forgalomhoz kötött royalty-, valamint mérföldkő-bevételekre válik jogosulttá az Allergan.



RICHTER GEDEON

A Richter 2–3 százalékos árbevétel-növekedést vár idén Európában, ha a rubel árfolyamában nem lesz jelentős elmozdulás. 2019-es előrejelzésük szerint Magyarországon 0–2 százalék közötti forgalmonövekedés lehet, a kelet-európai országokban stagnálást, a nyugat-európai piacokon pedig 10 százalékos bevétel-növekedést várnak, elsősorban a Richter méhmióma elleni

gyógyszere, az Esmya eladásának emelkedése miatt. A gyógyszer forgalma ezen a piacon 35 millió euróra emelkedhet, egy másik, szintén nőgyógyászati készítmény, a Bemfola árbevétele is két-számjegyű növekedést mutathat a régióban. Oroszországban kis-mértékű csökkenést várnak rubelben számolva, az egyéb FÁK-országokban nem várnak növekedést, és az Egyesült Államokban sem. Kínában 10 százalékkal csökkenhet a forgalom, a latin-amerikai piacon és az egyéb területeken 0–5 százalék körüli emelkedést terveznek. Összességében kis növekedés várható.

2018 nehéz éve volt a Richternek, de a számok alapján eredményesnek találja Orbán Gábor, a Richter Gedeon Nyrt. vezérigazgatója. A változatlan árbevétel mögött komoly tényezők húzódnak meg. A kedvező hatások között említette, hogy a Vraylar-jogdíjbevételek és a kínai előszállítások pozitívan hatottak az árbevételre. A negatívumok között az „Esmya-sokkot” és az árfo-lyamok hatását emelte ki.

A teljes 2018-as évet meghatározták az Esmyával kapcsolatos fejlemények: a felírási előírások változása a gyógyszer eladásából származó 2017-es 28,7 milliárd forintos árbevételt 8,2 milliárd forintra csökkentette. A gyógyszer piaci helyzete jelentősen megváltozott, tavaly 24,3 milliárd forint értékvesztést könyveltek el emiatt. Idén folytatják a nőgyógyászati portfólió erősítését, amely 411,9 millió eurós árbevételt ért el tavaly, ez a teljes gyógyszergyártási árbevétel 36 százalékát jelentette.

Ukrajnában tavaly csökkent a forgalom, az egyéb FÁK-országokban stagnált, Kínában 9,9 százalékkal emelkedett. Az Egyesült Államokban a jogdíjbevételek miatt jelentősen, 33,1 százalékkal nőtt az árbevétel dollárban számolva.

A Richter nagy- és kiskereskedelmi forgalma – ami a konszolidált árbevétel 20 százaléka – nem nőtt tavaly, a szegmens árbevételének csaknem 80 százaléka Romániából származik, ahol a nagykereskedelmi leányvállalat működési engedélyének felfüggesztése miatt 3 hónapon keresztül nem volt érdemi forgalom. Az utolsó negyedévben sikerült visszatérni a piacra, idén a forgalom növekedésére számítanak.

Bogsch Erik, a Richter igazgatótanácsának elnöke elmondta: az egyedi gyógyszer-azonosító rendszer február 9-től hatályos bevezetése komoly beruházást – mintegy 7 milliárd forintot – jelentett a cégnek évek alatt, mindez a működési költségek folyamatos növekedését is okozza, és a gyártósorok lassulásával járt. Az új rendszer a termelékenységre 10 és 20 százalék közötti romlást okozta. Párhuzamosan lesznek forgalomban az egyedi azonosító nélküli és azonosítós készítmények. A betegek szempontjából nem okoz fennakadást, azonban a teljes eddig kialakult rendszert a gyártásban, a forgalmazásban és a patikákban felborítja.



Saját részvényt adott át a Richter. A Richter Munkavállalói Rész tulajdonosi Program Szervezet (MRP Szervezet) Alapszabályának és Javadalmazási Politikájának megfelelően 2019. március 1-én 2260 db saját részvényt adott át az MRP Szervezet részére. Az átadás után a társaság saját részvényállománya 376 861 db, csoportszinten pedig 382 361 db.



2011 óta nem produkált ilyen jó eredményt a Mol. A Molcsoport 728,2 milliárd forint (2,69 milliárd dollár) tisztított, kamat, adófizetés és amortizáció előtti eredményt (EBITDA) ért el



tavaly, 10 százalékkal többet az előző évinél; ez a legmagasabb EBITDA az utóbbi hét évben – tette közzé az olajtársaság a Budapesti Értéktőzsde (BÉT) honlapján pénteken. Az eredmény meghaladta a felfelé módosított 2,4 milliárd dolláros célt.

A tavalyi negyedik negyedéves „tisza” EBITDA 194,1 milliárd forintot (686 millió dollár) tett ki, ami 16 százalékos növekedés az előző év azonos időszakához képest, és meghaladta a 182,2 milliárd forintos piaci konszenzust.

A közlemény idézi Hernádi Zsolt elnök-vezérigazgatót, aki kifejtette: 2018 is kiváló eredményt hozott. Az idei évben 2,3 milliárd dollár EBITDA-ra számít a társaság a külső környezetre vonatkozó középtávú várakozások alapján, amely konzervatívabb downstream (feldolgozás és kereskedelem) környezetet és 60 dolláros Brent olajárat feltételez. Ez megfelelő alapot ad ahhoz, hogy a stratégiai beruházások finanszírozását saját forrásból valósítsák meg.

A konszolidált, nemzetközi számviteli elvek (IFRS) alapján készült jelentés szerint a vállalatcsoport 331,3 milliárd forint (1,22 milliárd dollár) adózás előtti eredményt ért el 2018-ban az előző évi 365,6 milliárd forint (1,32 milliárd dollár) után. Az értékesítés nettó árbevétele 5168,7 milliárd forint (19 milliárd dollár) volt tavaly, míg 2017-ben 4130,3 milliárd forint (15,1 milliárd dollár).

A kutatás-termelés EBITDA-ja adta a csoport eredményének legnagyobb részét, 1,26 milliárd dollár hozzájárulással. Ez 49 százalékos emelkedést jelent az előző évhez képest, a magasabb olaj- és gázárak, valamint az Északi-tengeren található Catcher mező magas árrésű termelése miatt.

A feldolgozás és kereskedelem üzletág tiszta EBITDA-ja 995 millió dollár volt 2018-ban. A mintegy 16 százalékos csökkenést a tájékoztatás szerint főként a csökkenő finomítói és a jelentősen alacsonyabb petrolkémiai árrések okozták. A jó belső teljesítmény és a nagyobb mennyiség csak részben ellensúlyozta a gyengülő árréseket.

A fogyasztói szolgáltatások szegmens továbbra is két számjeggyű növekedést és új rekordot ért el. Az EBITDA 423 millió dollár volt 2018-ban, 18 százalékkal több az előző évinél, a nem üzemanyag termékek dinamikus növekvő árrése, valamint a kedvező üzemanyagpiaci folyamatok miatt.

A gázszállítási üzletág EBITDA-hozzájárulása 189 millió dollár volt, 15 százalékkal alacsonyabb az előző évinél a díjváltozások és az emelkedő energiaárak miatt.

A Mol részvényeivel a BÉT prémiumkategóriájában kereskednek, a papír csütörtöki záró ára 3306 forint volt, éves minimuma 2488 forint, éves maximuma 3348 forint. (MTI)



Áadták a visontai gabonafeldolgozót – 250 ezer tonna búzából értékes ipari alapanyag lesz. Magyarország egyetlen és Közép-Európa legmodernebb búzakeményítő üzemét avatták fel Visontán. A beruházás 2015-ben kezdődött el, és 14 hektárt ölel fel, közvetlenül a Mátrai Erőmű mögött, annak energiabázisára is támaszkodva. A tulajdonosok képviseletében Mészáros Lőrinc és Szíjj László, míg a gyár oldaláról Tóth Anett, a Viresol Kft. ügyvezető igazgatója nyomta meg az indítást jelképező gombot. A gyár innovatív, intelligens, környezetbarát és 21. századi technológiát képvisel. A másfél évig tartó építkezéshez a kormány 6,2 milliárd forintos segítségével 30 millió eurós hitelre is szüksége volt a vállalkozásnak, amit számításaik szerint 8–10 éven belül vissza tudnak fizetni. Az alapkőletétel óta, ami 2017. április 24-én volt, az első ütem vált üzemképpé, amely búzakeményítő,

vitális glutén és ipari alkohol gyártását teszi lehetővé. De már folyamatban van a második és a harmadik ütem kivitelezése is, ami módosított keményítő és takarmány gyártását teszi majd lehetővé; ezek várhatóan májusban, júniusban kerülnek átadásra. Tóth Anett előadásában hozzáfűzte, hogy logisztikai és raktárközponttal is ki fog egészülni a telep, valamint létrehoznak egy innovációs központot is. A legfontosabb, hogy a búza feldolgozott formában kerüljön a piacra, a gyár pedig növelni fogja hazánk régióin belüli gazdasági súlyát.

Horváth László országgyűlési képviselő hangsúlyozta: a gyárba beszállított búzából ugyan nem kenyér lesz, de mégis kenyeret fog adni. 250 embert foglalkoztat, és közvetve 12 ezernek nyújt megélhetést a működésével. Mint kiderült, sok hasonló méretű gabonafeldolgozó működik Európában, de a visontai az egyik legkorszerűbb. A legnagyobb méretű keményítőgyár Hollandiában található, évi 500 ezer tonna búza feldolgozására képes. Tudni érdemes, hogy 250 ezer tonna búzából több keményítő gyártható, mint amennyi hazánk teljes szükséglete. A gyár fő célja a magasabb hozzáadott értékű exporttermék teremtése.

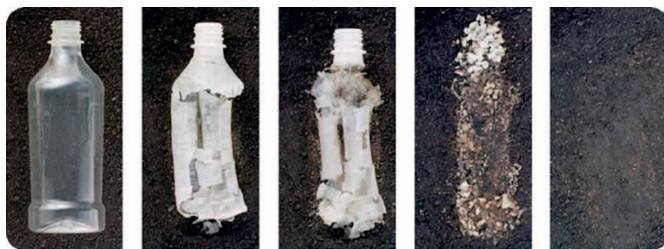


A búzakeményítő szinte minden élelmiszerben, amelynek állagstabilizálásra van szüksége, megtalálható, valamint a kozmetikai iparban, a papírgyártásban és a gyógyszeriparban is nagy mennyiségben használják ezt a kötőanyagot. A vitális glutén – vagyis siker – két fontos aminosav elegye, amit az élelmiszeripar és takarmányipar is igényel. GM-mentes alapanyagként használható a takarmánygyártásban, ahogy a feldolgozás során keletkező búzakorpa is. A gyártás mellékterméke még az igen tiszta alkohol is, amely ipari célokra használható. A gyár építésében hét nemzet gyártóinak technológiai megoldásai köszönnek vissza, leginkább német részegységek kerültek beépítésre, de például a módosított keményítő gyártórészlegében jelentős lesz a magyar beszállítók aránya. (agarszektor.hu)



A bioműanyagok otthon is alkalmazható hulladéktároló és lebontó technológiáját alkották meg műegyetemi hallgatók. A PLAntoon nevű csapat műegyetemi tagjai tavaly hoztak létre startup vállalkozást ötletükre alapozva. Fejlesztésük olyannyira sikeres volt, hogy második helyezést és ezzel összesen 9 millió forint befektetői támogatást nyertek a „Startup campus BME powered by Hiventures” elnevezésű műegyetemi inkubációs programon.

A műegyetemi hallgatók az UV-kezelés és biológiai módszerek bevetésével egy olyan eljárás, valamint egy komposztálóberendezés megalkotásán dolgoznak, amellyel a szerves hulladékok mellett



a bioplasztik anyagok (politejsavból készült műanyag eszközök, például szemetes zacskó vagy egyszer használatos evőeszközök stb.) háztartási lebomlása is megvalósulhat, így az alkotóanyagok jelentős része visszakerül a természetbe.

A komposztálóeszköz prototípusa legkorábban fél év múlva kerülhet piacra. A kiforrott eljárás birtokában fogadják a befektetők jelentkezését, addig is törekednek a termék értékét növelő know-how megerősítésére. Az előzetes felmérések szerint találmányukra főként Észak-Amerika és Nyugat-Európa államaiban lenne kereslet.

Ritz Ferenc összeállítása

Tájékoztatjuk tisztelt tagtársainkat, hogy

személyi jövedelemadójuk 1 százalékának felajánlásából idén 673 982 forintot

utal át az APEH Egyesületünknek.

Köszönjük felajánlásaikat, köszönjük, hogy egyetértenek a kémia oktatásáért és népszerűsítéséért kifejtett munkáikkal. A felajánlott összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaaverseny, a XVII. Országos Diákegyetem, valamint a 2018-ban tizedszer 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 2018. 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 2019-ben az így befolyt összeget ismételten a hazai kémiaoktatás feltételeinek javítására, a Középiskolai Kémiai Lapok, a LI. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaaverseny, a II. Kémikus Diákszimposium, valamint a 2019-ben tizenegyedszer 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.

Konferenciák, rendezvények

Rendezvénynaplár – 2019

április 5–7.	LI. Irinyi János Középiskolai Kémiaaverseny	Debrecen
április 23.	16. Magyar Magnézium Szimpózium	Kecskemét
május	MKE Biztonságttechnikai Szeminárium, 2019	
május 24.	Tisztújító Küldöttközgyűlés	Budapest
június 24–26.	MKE Vegyészkonferencia, 2019	Eger
augusztus 26–29.	PERMEA 2019, Membrane Conference of Visegrad Countries	Budapest
október	Őszi Radiokémiai Napok	
november 21.	Kozmetikai Szimpózium 2019	Budapest

LI. Irinyi János Középiskolai Kémiaaverseny

Debrecen, 2019. április 5–7.

Versenkiírás: www.irinyiverseny.mke.org.hu

Permea 2019

2019. augusztus 26–29.

ELTE, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A

Honlap és online jelentkezés: <https://www.mke.org.hu/PERMEA2019>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix, permea2019@mke.org.hu

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXIV. No. 4. April

CONTENTS

<i>Fluorination reactions at the Pharmaceutical Chemistry Institute of the University of Szeged</i>	106
LORÁND KISS	
<i>Misconceptions in the teaching of chemistry</i>	111
ZOLTÁN TÓTH	
<i>The paradox of fullerenes</i>	115
TIBOR BRAUN	
<i>Messenger RNA therapy. An interview with Professor Katalin Karikó</i>	118
VERA SILBERER	
<i>Memories of my career as a researcher</i>	121
JENŐ TOMASZ	
<i>The 125-year-old viscose</i>	123
CSABA KUTASI	
<i>Neverbeen elements. Dysodium</i>	128
GÁBOR LENTE	
<i>Chemistry in Europe, 2019/1</i>	129
<i>Cloud poking. Useless cough suppressants – does statistics lie?</i>	133
DEZSŐ CSUPOR	
<i>Chembits</i>	134
GÁBOR LENTE	
<i>The Society's Life</i>	137
<i>News of the Month</i>	139



Thermo Scientific:

AA, ICP-OES és ICP-MS spektrométerek
ED-XRF készülékek
Kompakt NMR spektrométerek
UV/látható spektrométerek
Automata fotometriás analizátorok
C, H, N, S, O elemanalizátor
FTIR, Raman és NIR spektrométerek, mikroszkópok
Hordozható Raman, NIR és XRF spektrométerek
GC, kvadrupol GC/MS és GC/MS/MS
Automatizált SPE és ASE mintaelőkészítők
HPLC, UHPLC, nano-LC
Kvadrupol és ioncsapdás LC/MS
Orbitrap hibrid HR/AM LC/MS és GC/MS
Ionkromatográfok
Kromatográfiás oszlopok, kiegészítők és fogyóanyagok

Thermo
S C I E N T I F I C
DISTRIBUTOR



Olympus:

Mikroszkópok

OLYMPUS
Your Vision, Our Future

Hitachi:

Elektronmikroszkópok

HITACHI

PS Analytical:

Atomfluoreszcenciás Hg, As, Se, stb. analizátorok

Trace Elemental Instruments:

TOC, TN, TS, TX, AOX meghatározók

HunterLab:

Színmérő készülékek

Peak Scientific:

Gázgenerátorok

iX Cameras:

Nagysebességű kamerák

