

A TARTALOMBÓL:

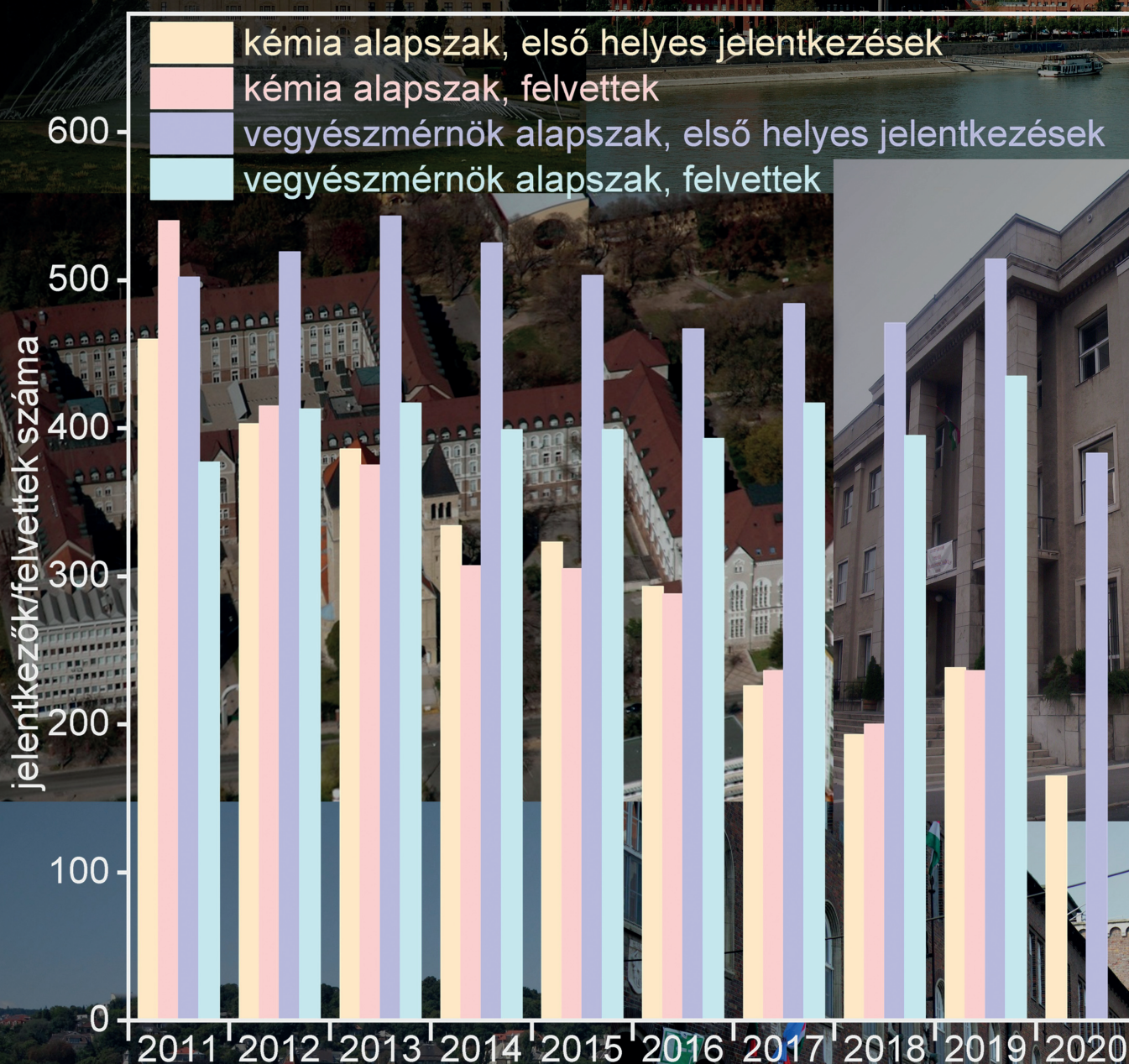
- Ferrocéntartalmú heterociklusok
- Kihívások a tanárrá válás színpadán
- Élelmiszer-e a kender?
- Lombikból az étkezőasztalra
- Mikroműanyagok



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA



A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXV. ÉVFOLYAM • 2020. JÚNIUS • ÁRA: 850 FT



Desztilláció, extrakció, termoreakció

behrotest[®] univerzális analitikai rendszer

"NEHÉZ" MÉRÉSEK KÖNNYEDÉN

behr

Labor-Technik

Düsseldorf

AUTOMATA KOI MÉRÉS

ÓVJA ÖN IS KÖRNYEZETÉT ÉS MUNKATÁRSAI EGÉSZSÉGÉT !

bízza a higany- és krómtartalmú savas oldatokat automatára !

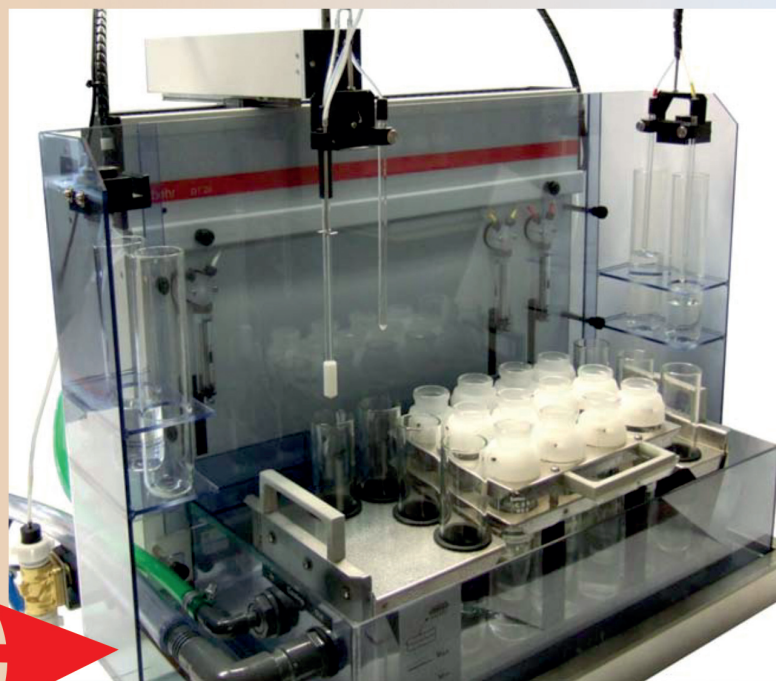
bővítse meglévő roncsolóját !

- növekvő kapacitással, csökkenő élőmunkával
- növekvő pontosság biztosított

DT-20 automata



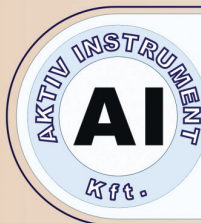
szabvány szerinti KOI-roncsoló



A KÖRMÉRÉS
TÖBBÉ NEM PROBLÉMA,
A KIMUTATÁSI HATÁR PEDIG
NAGYON LÁTVÁNYOSAN JAVUL !

méréstartomány: 10,1 mg O₂/l-től

kimutatási határ: 2,5 mg O₂/l



AKTIV INSTRUMENT Kft.

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

AUTOMATA KOI adagoló és titráló

MSZ ISO 6060 szerint, PC-vezérelt



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXV. évf., 6. szám, 2020. június



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

Szerkesztőség:

Felölös 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, BACS 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 megrendelő
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 számaink tartalma,
az összefoglalók és egyesületi híreink,
illetve archivált számaink honlapunkon
(www.mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2020.06

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



„Nagy baj gyógyítja a kicsit.” Ezt írja Mikszáth Kálmán Különös házasság című regényének egyik fejezetcímében. Talán a Magyar Kémikusok Lapjában bocsánatos bűn, ha a világvárvány nagy bajának közepén észrevesszük és címlapra is tesszük a magyar kémia kis baját, amelyet az elmúlt évek felsőoktatási jelentkezési és felvételi adatai mutatnak minden korábbinál egyértelműbben. És talán nem is olyan kicsi.

Az ok egyszerű: a járványt még a pesszimista előjelzések szerint is magunk mögött tudjuk majd néhány hónap múlva (az utóhatásait persze nem), de a címlapon lévő grafikon hosszú évekig kísérteni fog bennünket. Főleg az én generációm: mi még 20 év múlva is szeretnénk egyetemi kémiaoktatásból megélni, s az addig eltelt időben az intézmények vezetésének felelőssége is nagyrészt ránk hárul majd.

Ennyire pesszimista hangulatot árasztó grafikon utoljára 2018 márciusában szerepelt a címlapunkon, akkor a Magyarországon dolgozó kémiaatanárok ijesztő korfáját mutattuk be. Azóta az új Nemzeti Alaptanterv tovább csökkentette a kémiára fordított kötelező óraszámot, illetve általános iskolákban bizonyos helyzetben elfogadhatónak mondta ki azt, ha nincs kémia nevű tantárgy. Az e havi címlapgrafikon a kémia és vegyészmérnök alapszakokra jelentkezők teljes (országos) számának alakulását mutatja be 2011 és 2020 között. A kémia alapszakon az elmúlt években már mindenki hozzászólt a folyamatos erózióhoz. A vegyészmérnök alapszakon viszont a tavalyi számokhoz viszonyítva 25%-ot is meghaladó csökkenés nagyon kellemetlen újdonság. Ha a teljes évtizedet nézzük, a két szak egyikére első helyen összesen jelentkezők száma 43%-kal csökkent, jóval nagyobb arányban, mint a demográfiából következne: ugyanabban az időszakban a 18 éves korosztály létszáma csökkent ugyan, de csak 20%-ot.

Talán nem túlzás azt állítani, hogy a magyar kémiaoktatás bő két évtizede tartó hanyatlása új szakaszba ért: míg a középiskolákban az egyre súlyosabb tanárhiány lesz a jellemző a 21. század harmadik évtizedében, aminek megőszölhető végkifejlete a mindenki számára kötelező kémia tantárgy megszűnése lesz; addig az egyetemek kémiai intézetei ugyanebben az időszakban a diákok hiányával fognak küzdeni, s egymással folytatnak majd az eszközökben egyre kevésbé válogatva harcot a csökkenő számú jelentkezőkért.

Az a sajnálatos tapasztalat, hogy mind a középiskolai tanárok, mind az egyetemi oktatók között meglehetősen sokan olyan ábrándokat kergetnek, hogy a változások visszafordíthatók, csak ennek az okos módját kell valahogy kiötlöni. Én ebben nagyon-nagyon-nagyon nem hiszek. A feladat mindkét intézménytípusban a kármentés, az alkalmazkodás lehető legkevesebb fájdalmas módjának megtalálása. Eretnekesség kijelenteni, de a közoktatásban el kell eresztenünk azt, hogy mindenkinek kémiát akarunk tanítani. Azokra kell majd koncentrálnunk, akik eleve fogékonyak a természettudományok iránt. Eretnekesség kimondani, de a felsőoktatásban az egyetlen racionális megoldás a kémiaképzést folytató intézmények számának csökkentése. Mi több: azt is megkockáztatom, hogy a hagyományok ellenére a 21. században már nincs értelme külön vegyész és vegyészmérnök szakmáról beszélni – legalábbis az alapképzésben semmiképpen.

2020. június

Lente Gábor

Lente Gábor
egyetemi tanár
az MKL szerkesztőségének tagja

TARTALOM



Címlapunkon:
A kémia és vegyészmérnök alapszakokra jelentkezők számának alakulása 2011 és 2020 között (Lente Gábor montázsa)

HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTAKOZÁSA

Csámpai Antal: Ferrocéntartalmú heterociklusok, köztük potenciális és igazolt antiproliferatív hatással rendelkező származékok **174**

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Cséfalvy Edit, Horváth István Tamás: Korrekció „Az etanolekvivalens definíciója és alkalmazása a bioetanolból előállítható vegyi anyagok fenntarthatóságának értékelésére” című cikkhez **177**

Kutasi Csaba: Mikroműanyagok – textíles szemmel is **178**

KÖZOKTATÁS – TANÁRI FÓRUM

Kiss Edina: A nanotanfáztól a bemutatóóráig. Kihívások a tanárrá válás színpadán **182**

JUBILEUM: AZ MKL 75. ÉVFOLYAMA

Bognár Rezső: Zemplén Géza élete és munkássága (1983) **186**

Antus Sándor: Kommentár Bognár Rezső akadémikus cikkéhez **189**

KITEKINTÉS

Csupor Dezső: Ködpiszkáló. Élelmiszer-e a kender? **190**

Braun Tibor: Lombikból az étkezősasztalra. Sejttenyésztett hús állati hús helyettesítésére **191**

Ziegler Ildikó, Mohammed S. Orsolya: Psyche: a NASA Discovery-program 14. missziója. Néhány kérdés elemőszetételről és űrbányászatról **195**

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Szóféjtés. A vas és a csillagok **197**

VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor rovata **198**

EGYESÜLETI ÉLET

A HÓNAP HÍREI **200**

201

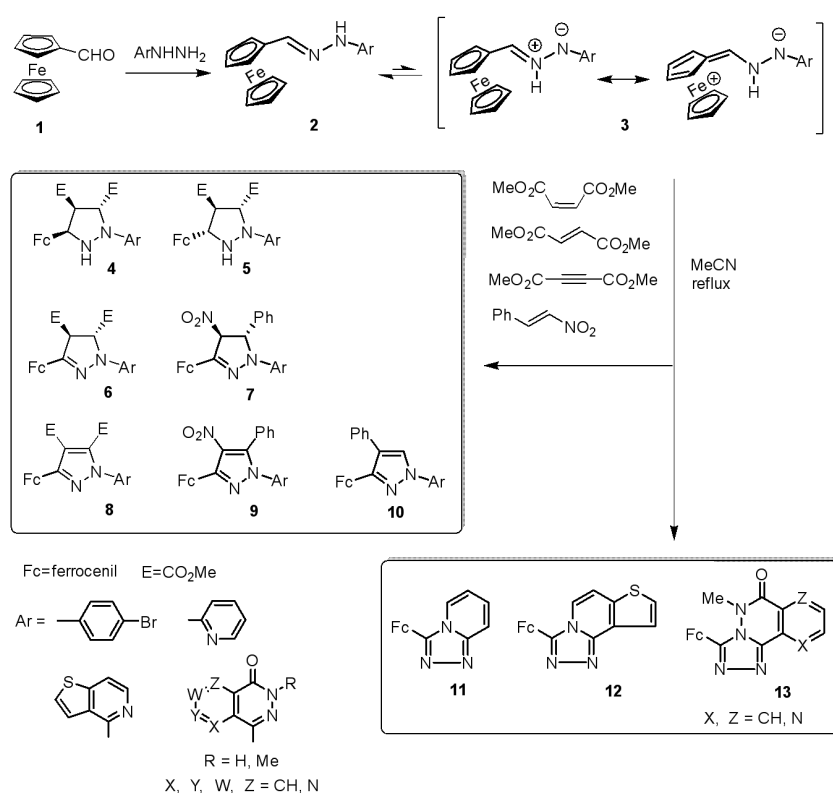
Csámpai Antal

■ ELTE Kémiai Intézet | csampai@caesar.elte.hu

Ferrocéntartalmú heterociklusok, köztük potenciális és igazolt antiproliferatív hatással rendelkező származékok

Az ELTE Szervetlen Kémiai Tanszékén, Sohár Pál professzor kezdeményezésére nyomán, az 1990-es évek eleje óta folyó heterociklusos ferrocénszármazékok kémiai kutatásai. E sok részterületet érintő programba kapcsolódott be Csámpai Antal és számos, időközben fokozatot szerzett PhD-hallgató is, közöttük Abrán Árvácska (jelenlegi nevén Sárpáti Árvácska), Túrós György, Simó Mónika, Fábíán Balázs, Károlyi Benedek Imre, Kiss Kolos és Gyömöre Ádám. A kutatás hangsúlya kezdetekben a szintetikus és szerkezeti kémiára helyeződött, vizsgálataink elsősorban arra irányultak, hogy a háromdimenziós, oxidációra érzékeny fémorganikus egység milyen módszerekkel és milyen típusú heterociklusos vázrendszerekbe építhető be kellő hatékonysággal, hogyan módosítják ezek a molekula szerkezeti, ebből következően spektrális paramétereit. A ferrocén-egység reaktivitást befolyásoló hatásának következtében az esetenként váratlanul képződő termékek szerkezetének felderítése és a reakciók értelmezése is érdekes tudományos eredmények alapját képezte. Mivel az utóbbi évtizedekben a biológiai hatásokkal rendelkező fémorganikus vegyületek nemzetközi szinten egyre nagyobb figyelmet kapnak, kutatásainkat kiterjesztettük az antiproliferatív aktivitással rendelkező ferrocénszármazékok területére is. Ennek során sikerült számos aktív molekulát azonosítani, valamint szerkezet-hatás összefüggéseket feltárni. Ez az összefoglaló az említett területeken elért eredményekből mutat be egy válogatást.

A kutatások kezdetén a legkönnyebben hozzáférhető ferrocéntartalmú reagens, a



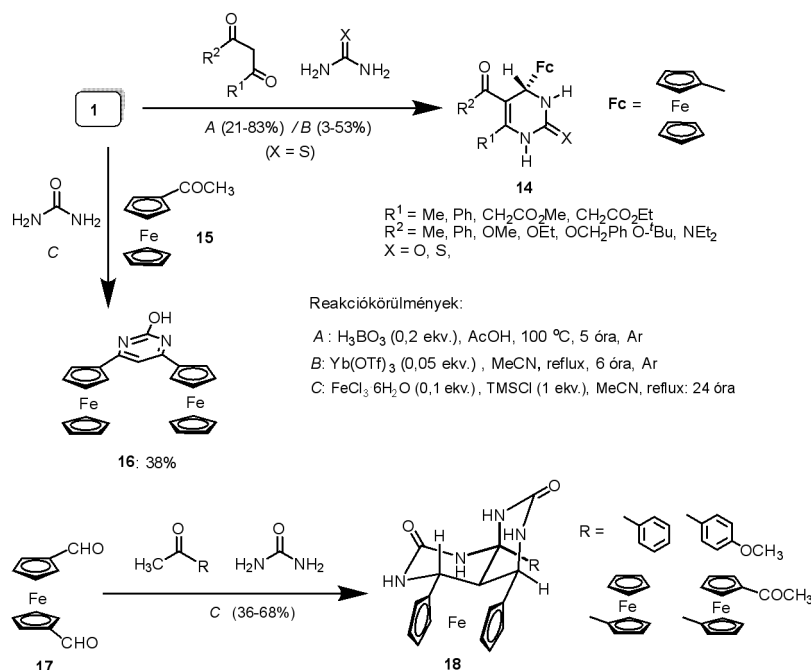
1. ábra. Formilferrocénnel képzett hidrazonok változatos heterociklusokhoz vezető 1,3-dipoláris cikloaddíciós reakciói

formilferrocén (**1**, **1. ábra**) szintetikus alkalmazhatóságát vizsgálva e prekursor heteroarilhidrazinokkal képzett hidrazonjait (**2**) különböző dipolarofilekkel (dimetilmaleát, dimetilfumarát, dimetil-acetilendikarboxilát, ω -nitrosztírol) reagáltatva változatos konstitúciós és térszerkezettel rendelkező pirazolidineket, pirazolinokat és pirazolokat (**4–10**) állítottunk elő [1, 2].

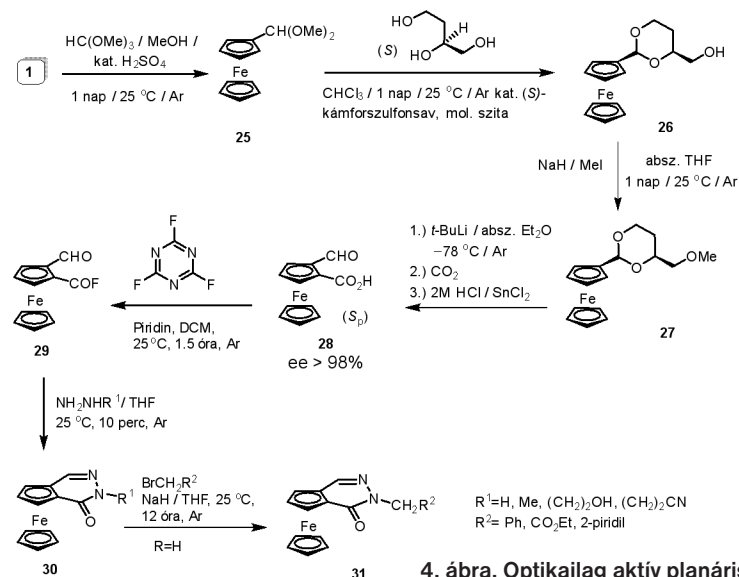
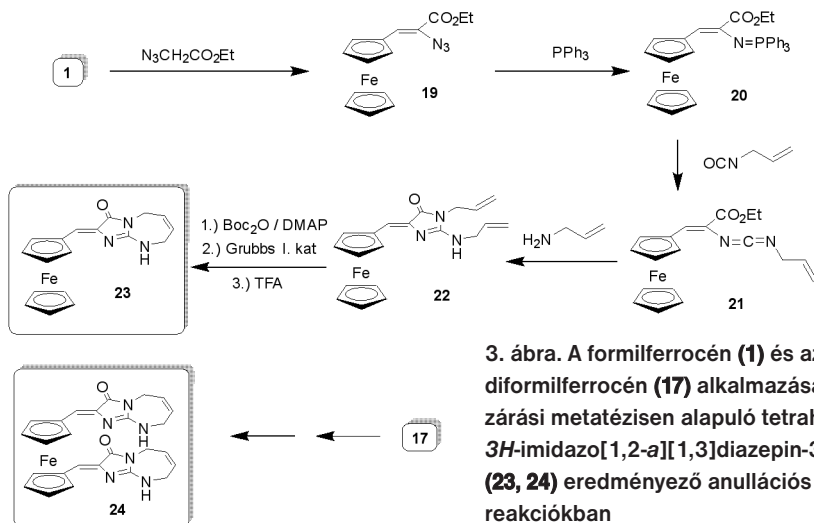
A változatos szerkezetű termékek képződését az első lépésben pirazolidineket eredményező ciklizációs reakciókat követő

epimerizációval, dehidrogéneződéssel és salétromossav-eliminációval értelmeztük. A ferrocenilcsoport által stabilizált 1,3-dipoláris intermedierek (**3**) a hidrazonokból 1,2-protonvándorlással képződtek. Az adott körülmények között egyes heterociklusos hidrazonok mellékreakcióként vagy kizárólagos módon oxidatív ciklizációval közvetlenül kondenzált triazolokká (**11–13**) alakultak.

Teszteltük a formilferrocén további szintetikus alkalmazhatóságát a biológiai szem-



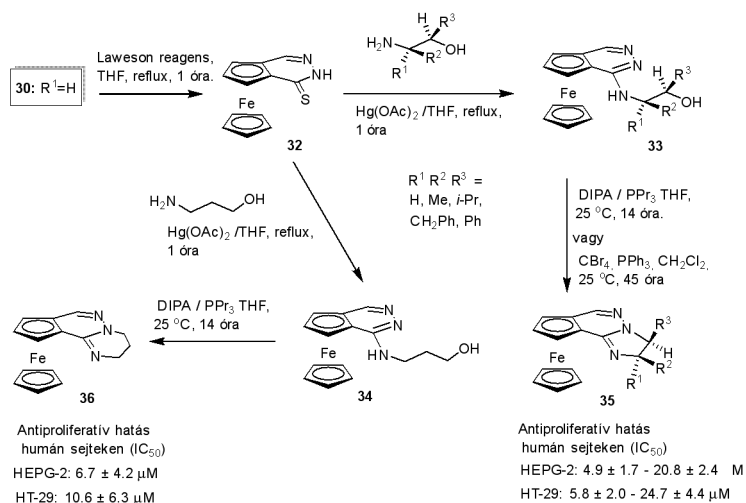
2. ábra. A formilferrocén (1) és az 1,1'-diformilferrocén (17) alkalmazásai Biginelli-típusú kondenzációs reakciókban



pontból jelentős érdeklődésre számot tartó, dihidropirimidinekhez vezető Biginelli-reakciókban [3,4]. Dioxo-vegyületek és karbamid, illetve tiokarbamid komponensek, valamint a formilferrocén kondenzációjával bórsavat vagy itterbium-triflátot tartalmazó katalitikus rendszerek alkalmazásával (A és B módszerek) előállítottunk egy sor 14 típusú 2-oxo- és 2-tio-4-ferrocenil-3,4-dihidropirimidint (2. ábra). Dioxo-komponensek helyett acetilferrocént használva TMSCl karbonil-aktivátor és vas(III)-klorid Lewis-sav katalizátor jelenlétében karbamiddal végzett reakcióval 2-hidroxi-2,4-diferrocenilpirimidinhez (16) jutottunk [3], melynek képződése a kondenzációs lépéseket követő spontán dehidrogénezéssel értelmezhető. A TMSCl karbonil-aktivátort és vas(III)-kloridot tartalmazó rendszer alkalmazását megpróbáltuk kiterjeszteni az 1,1'-diformilferrocén (17, 2. ábra) és metilketonok analog átalakítására is, azonban a reakciók kizárólag kondenzációs lépéseken keresztül haladva a [3]-ferrocenofán egységgel merevített 18 típusú tetraaza-*cisz*-dekalindionokhoz vezettek [3].

A formilferrocén szintetikus alkalmazhatóságát egy változatos eljárásokon alapuló többlépéses anullációs reakcióban is tanulmányoztuk [5]. Ennek során a vizsgált prekursor és az etil-azidoacetát kondenzációjából származó 19 azidoalként trifenilfoszfánnal, azt követően allilizocianáttal reagáltatva jutottunk a 21 karbodiimidhez (3. ábra). Ezt a ferrocén-egységet által stabilizált izolálható intermediert allilaminnal ciklizáltuk, és az így kapott 3-allil-2-(allilamino)-5-ferrocenylmetilén-3,5-dihidro-4H-imidazolon (22) oldallánban levő nitrogénjét BOC védőcsoporttal láttuk el. A védett diallilszármazék ruténiumtartalmú, első generációs Grubbs-katalizátorral kiváltott gyűrűzárási metatézist követően a képződött héttagú gyűrűn levő védőcsoport eltávolításával kaptuk a biológiai érdeklődésre számot tartó, az NH-csoporton változatosan funkcionálizálható 23 imidazo[1,2-a][1,3]diazepinont. Az eljárást sikerült kiterjeszteni a 17 diformilferrocénre is, melyből az ismertetett reakcióúton haladva sikerrel valósítottuk meg a két heterociklusos egységet tartalmazó 24 ferrocénszármazék szintézisét [5].

Szintén formilferrocénből kiindulva, gyakorlatilag egységes „S_p” enantiomerként előállítottuk a planáris kiralitással rendelkező ferroceno[d]piridazinonok első képviselőit (30, 31; 4. ábra) [6]. Az akirális 25 és királis 26 acetálokön keresztül vezető reakcióút döntő lépése az utóbbi meti-



5. ábra. Optikailag aktív planáris és centrális kiralitással jellemezhető antiproliferatív imidazo- és pirimido-kondenzált ferrocenopiridazinonok előállítása

lezett származékának (27) *tert*-butillítiummal kiváltott, a metoxicsoport és a di-oxángyűrű kelát típusú koordinációjával támogatott, csaknem diasztereospecifikus irányított litálása és az így képződő aktív intermedier karboxilezése volt.

Mivel a kapott kétszeresen funkcionális ferrocénszármazék (28) hidrazin reagensekkel kiváltott ciklizációjára tett kísérletek sikertelenek voltak (csupán a formilcsoportot érintő, szimmetrikus azin-

hoz vagy hidrazonokhoz vezető kondenzációs reakciók játszódtak le), cianurfluorid-al elkészítettük a már kellően reaktív, ugyanakkor meglepően könnyen kezelhető 29 savfluoridot, melyből hidrazin reagensekkel enyhe körülmények között végzett ciklizációval kaptuk a 30 típusú piridazinonokat [6]. A hidrazinnal készült alapvegyület (30: R¹ = H) alkilezésével további analógokat (31) állítottunk elő.

Az alapvegyületnek tekinthető laktám

tionálását követően a 32 intermedier aminoalkoholokkal végzett funkcionálisálásával jutottunk a planáris és centrális kiralitáselemek tartalmazó 33 hidroxietilamino-subsztituált vegyületekhez és a planárisan királis 34 hidroxipropilamino-származékhoz (5. ábra) [7]. Ezeket Mitsunobu- és/vagy Appel-módszerekkel ciklizálva állítottunk elő a 35 és 36 típusú, ferrocénnel angulárisan kondenzált gyűrűs amidinek első képviselőit, melyek két humán rákos sejtvonalon figyelemre méltó antiproliferatív hatást mutattak [7].

A 37 és 38 ferrocén-mono- és 1,1'-dikarbonsavakból jól dokumentált eljárásokkal kapott 39 mono- és 40 difluorid, 41 bisz-acilizotiocianát, a 42 diazidból Curtius-lebontással kapott 43 bisz-izocianát, valamint a 44 kinin-

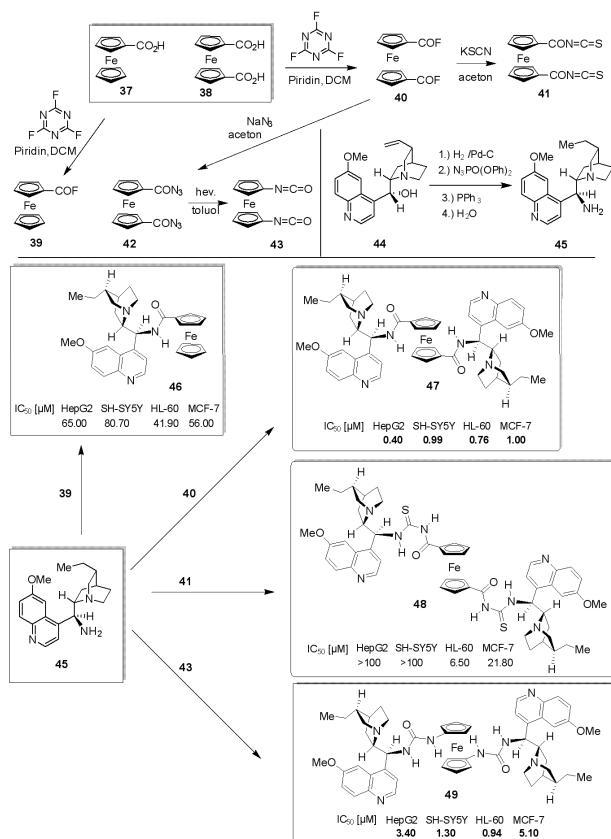
ből négy lépésben készült 45 primer amin egyszerű kapcsolási reakcióival további, szerkezettől jelentős mértékben függő aktivitással rendelkező antiproliferatív ferrocén-cinkona hibrid hatóanyagjelölteket (46–49) állítunk elő (6. ábra) [8]. Négy humán rákos sejtvonalon *in vitro* végzett tesztjeik IC₅₀ értékekben megadott eredményeiből a kapcsolt termékek szerkezete és hatása között határozott összefüggések mutathatók ki. Míg a 45 amin önmagában nem volt hatékony egyik sejtvonalon sem, a 46 ferrocenoilszármazék már mindegyik mintán aktívnak bizonyult. A ferrocén-egység mindkét gyűrűjén funkcionáliszt hibrid molekulák közül a 47 diamid mutatkozott a legsikeresebb hatóanyagjelöltnek, némileg felülmúlva az esetleges további fejlesztéseknél szintén ígértesnek tűnő 49 bisz-karbamid aktivitását. Az elvégzett tesztekben sejtvonaltól erősen függő, de összességében jelentősen csökkent hatást mutatott a hattagú kelátszerkezettel jellemezhető aciltioikarbamid linkeret tartalmazó 48 hibrid molekula. A ferrocén-egységnek a biológiai hatáshoz való jelentős hozzájárulását igazolja, hogy azonos kísérleti körülmények között benzoosavakból készült analóg cinkona hibridek vizsgálata során jelentősen csökkent vagy elenyésző aktivitás volt detektálható [8].

Összefoglalásként megállapítható, hogy egyszerű, kereskedelembe kapható, ferrocén-egységet tartalmazó reagensekből kiindulva szerves szintetikus eljárások széles körének a felhasználásával változatos konstitúciós és térszerkezeti, fémorganikus egységeket subsztituensként vagy planárisan királis kondenzált gyűrűként tartalmazó nitrogén-heterociklusok, köztük jelentős *in vitro* antiproliferatív hatással rendelkező származékok állíthatók elő.

Köszönetnyilvánítás: Kutatásainkat az OTKA (K-43634, K-44742, K-68887, K-83874) támogatta.

IRODALOM

- [1] Abrán, Á.; Csámpai, A.; Sohár, P.; Böcskei, Zs.: Tetrahedron (1999) 55, 5441–5448.
- [2] Abrán, Á.; Csámpai, A.; Kotschy, A.; Barabás, O.; Sohár, P. J.: Mol. Struct. (2001) 569, 185–194.
- [3] Csámpai, A.; Túrós, Gy. I.; Györfi, A.; Sohár, P. J.: Organomet. Chem. (2009) 694, 3667–3673.
- [4] Kiss, K.; Csámpai, A.; Sohár, P. J.: Organomet. Chem. (2010) 695, 1852–1857.
- [5] Túrós, Gy.; Csámpai, A.; Lovász, T.; Györfi, A.; Wamhoff, H.; Sohár, P.: Eur. J. Org. Chem. (2002) 3801–3806.
- [6] Gyömöre, Á.; Csámpai, A. J.: Organomet. Chem. (2011) 696, 1626–1631.
- [7] Csókás, D.; Károlyi, B. I.; Bösze, Sz.; Szabó, I.; Bati, G.; Drahos, L.; Csámpai, A., J. Organomet. Chem. (2014) 750, 41–48.
- [8] Károlyi, B. I.; Bösze, Sz.; Orbán, E.; Sohár, P.; Drahos, L.; Gál, E.; Csámpai, A.: Molecules (2012) 17, 2316–2329.



6. ábra. Ferrocén-cinkona hibrid hatóanyagjelöltek előállítása és négy humán rákos sejtvonalon mért, IC₅₀ értékekben kifejezett antiproliferatív hatása



Cséfalvay Edit^{1,2} – Horváth István Tamás¹

¹ City University of Hong Kong, Kowloon, Kémia Tanszék

² BME Gépészmérnöki Kar, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

Korrektció „Az etanolekvivalens definíciója és alkalmazása a bioetanolból előállítható vegyi anyagok fenntarthatóságának értékelésére” című cikkhez

„Az etanolekvivalens definíciója és alkalmazása a bioetanolból előállítható vegyi anyagok fenntarthatóságának értékelésére” [1] című cikk az Energy Information and Administration (EIA) [2] által közölt kerozintermelést használta fel az etanolekvivalens egyenérték számításához. Az EIA hibás termelési adatot adott meg, mely szerint Magyarország kerozintermelése 62 ezer hordó volt naponta 2008-ban. Ez az érték egy nagyságrenddel nagyobb, mint a Mol által termelt mennyiség, ezért a vonatkozó évre az IndexMundi által regisztrált [3] 5600 hordó/nap mennyiséget figyelembe véve újraszámoltuk a kerozintermelés etanolekvivalensét és annak földterületigényét. Az 5600 hordó/nap termelés évi 0,276 millió tonnát jelent, amelynek etanolekvivalens-igénye az etanol-előállítás energiáját, valamint a reakcióentalpiát beleértve összesen 0,552 millió tonna etanolekvivalenssel egyenértékű. Az ennek előállításához szükséges kukorica mennyisége 1,7 millió tonna, amely a 2008. évi összkukorica-mennyiség 19%-át teszi ki. Ezt a kukoricamennyiséget 0,6 millió hektár termőterületen tudnánk megtermelni. Összehasonlításképp: ez a terület a kukoricatermesztéshez szükséges földterület 6,7%-a és Somogy megye területével egyenértékű (**1. táblázat**).

Következésképp az „Első generációs bioetanol alkalmazásának fenntarthatósági kérdései” fejezet vonatkozó táblázathoz kapcsolódó elemzését is módosítjuk. Az [1] 46. oldal, bal hasáb, 4–6. sor – „Hasonlóan jártunk el a Magyarországon termelt kerozin mennyiségét illetően, és megdöbbenő, hogy a benzinhoz képest több, mint négyszeres EE-értéket kaptunk (16 millió tonna)” mondata – helyett az alábbi következtetést vonjuk le:

Hasonlóan jártunk el a Magyarországon termelt kerozin mennyiségét illetően. A repülőgép-hajtóanyag előállított mennyisége mindösszesen 16%-a a Magyarországon termelt benzin mennyiségének,

ennek megfelelően az etanolekvivalens értéke is annak 16%-a. Az ennek megtermeléséhez szükséges terület Somogy megye területével egyenértékű, ami potenciálisan megvalósítható első generációs etanolalapú termelést tesz lehetővé.

A fejezet utolsó bekezdésében ([1], 47. oldal, bal hasáb, 4–8. sor) szereplő következtetést is helyesbítjük. „A 3. táblázat alapján egyértelműen látszik, hogy a kerozintermelés energiatartalmának kiváltásához szükséges kukoricamennyiség Magyarország területének kétszeresét igényli, de az egyéb vegyi anyagokat tekintve akár meg is valósítható biomassa-alapú etanolból történő előállítás” mondatot az alábbi mondatra cseréljük:

Nilvánvaló, hogy a benzin etanolalapú termeléséhez szükséges földterület (Magyarország összterületének 42%-a) túlmutat a megvalósíthatóság határán, de az egyéb vegyi anyagokat tekintve – beleértve a kerozint is – akár meg is valósítható a biomassa-alapú etanolból történő előállítás.

Végül az Összefoglalás, kitekintés fejezetben is helyesbítünk egy elírást. Az [1], 47. oldal, bal hasáb, harmadik bekezdés, 6–7. sor „A vegyipari termelési célú kukoricatermelés nyilvánvalóan nem mehet az élelmezési célú földhasználat javára” mondatának helyesbítése: A vegyipari termelési célú kukoricatermelés nyilvánvalóan nem mehet az élelmezési célú földhasználat kárára.

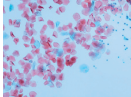
IRODALOM

- [1] Cséfalvay, E.; Horváth, I. T.: MKL (2020) 2, 41.
- [2] Energy Information and Administration (<http://www.nationsencyclopedia.com/WorldStats/EIA-petroleum-consumption-jet-fuel.html> (utolsó látogatás: 2019. 10. 23.).
- [3] <https://www.indexmundi.com/energy/?country=hu&product=jet-fuel&graph=production> (utolsó látogatás: 2020. 04. 06.).
- [4] H. Shapouri, P. W. Gallagher, W. Nefstead, R. Schwartz, S. Noe, R. Conway, 2008 Energy Balance for the Corn-Ethanol Industry, USDA, Agricultural Economic Report Number 846.

1. táblázat. A kerozin 2008-ban előállított mennyiségének kiváltásához szükséges EE_{2,3}, illetve földterület-ekvivalensek 3500 liter etanol/hektár etanolhozamot figyelembe véve^a

Vegyi anyag	Mértékegység	Előállított mennyiség 2008-ban	EE _{2,3}	Az előállítási reakció entalpiája EE _{2,3}	Szumma EE _{2,3}	A szumma EE _{2,3} előállításához szükséges kukorica		A kukoricatermesztéshez szükséges földterület		
						Millió tonna	2008. évi össz-kukorica termelés %-a	Millió hektár	terület %-a	
		Millió tonna	MtEE _{2,3}	MtEE _{2,3}	MtEE _{2,3}				össz.	megyék
Kerozin (jet fuel)	5600 hordó/nap[3]	0,276	0,552	na	0,552	1,7	19	0,6	6,7	Somogy

^a EE_{2,3} tartalmazza az adott energiamennyiséget etanolekvivalensben és az etanol előállításának energiáját is EE-ben. (1 egység energiabefektetésével 2,3 egység etanolenergia nyerhető [4].)



Kutasi Csaba

Mikroműanyagok – textiles szemmel is

Az egyre terjedő mikroműanyagokkal az utóbbi évtizedben foglalkoznak behatóan a kutatók. Elsődleges előfordulásuk parányi méretű, a másodlagosak a különböző műanyaggtörmelékek aprózódásából származnak. Sajnálatos módon az élővizekben, a talajokban és a légtérben is előfordulnak mint környezetterhelő tényezők. A textíliákból készült konfekcionált termékek (ruházat, lakástextil stb.) mosása során nagyszámú szál – mint szálás mikroműanyag – kerül a mosófürdőbe, a centrifugált vízbe (pl. 6 kg-os töltet esetén 700 ezer szál válik le), ami a szennyvízbe távozik.

A műanyagok közismerten mesterséges úton előállított vagy átalakított nagy molekulájú anyagok. Gyártásuk szintetikus úton (monomerekből képzett nagymolekulás anyagok) vagy ritkábban természetes alapú polimerekből kiindulva történik. 1838-ban Victor Regnault laboratóriumában polivinil-kloridot (PVC) állított elő, azonban ennek gyártása csak az 1920-as évek végén kezdődött. Így az első – hőre keményedő – polimer az 1900-as évek elején Leo Baekeland belga vegyész nevéhez fűződik, aki fenol és formaldehid reagáltatásával állított elő mesterséges anyagot (róla kapta a bakelit a nevét). Ő alkotta meg a „műanyag” kifejezést is. Sorra fedeztek fel újabb műanyagokat, pl. 1930-ban jelent meg a polisztirol (PS), ennek habosított – épületszigeteléshez, csomagoláshoz használt – változatát 1954-től gyártják. 1933-ban Reginald Gibson és Eric Fawcett kutatók fedezték fel a polietilént (PE). 1938-ban szabadalmaztatta az amerikai DuPont cég a Wallace Carothers által feltalált poliamidot (PA). 1942-ben a polietilén-tereftalát (PET), 1954-ben a polipropilén (PP) felfedezésére került sor. Számos nagy híré vegyész járult hozzá az új polimer anyagtudományához, köztük a Nobel-díjas Hermann Staudinger (a polimerek kémiájának atyja) és Herman Mark (a polimerek fizikájának atyja) (1. ábra).

A feldolgozási technológia alapján leegyszerűsítve hőre keményedő (thermoset) és hőre lágyuló (thermoplastics) műanyagok ismertek. A tulajdonságok, képességek alapján számos különleges típus is létezik (többek között pl. belsőleg vezetőképes típusokat vagy akár géntechnológiával módosított baktériumokkal rendelkező és biológiailag teljesen lebontható műanyagokat is készítenek).

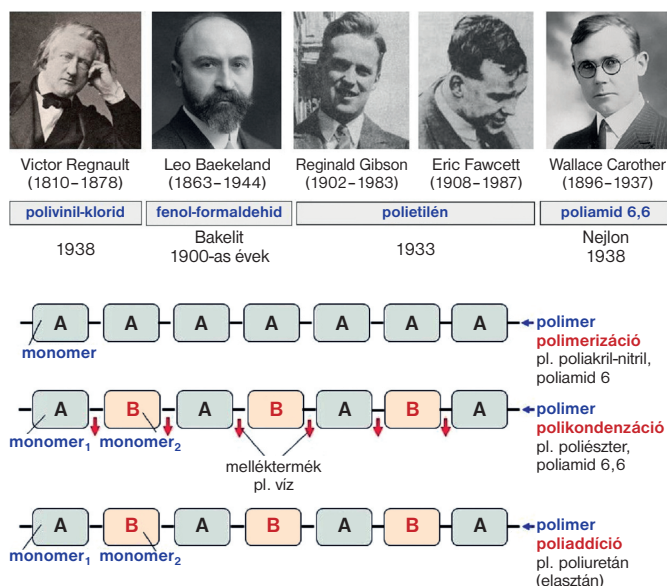
Műanyagból mikroműanyag

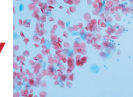
A mikroműanyag kifejezést Richard Thompson professzor, tengerbiológus (Plimouth-i Egyetem) vezette be 15 éve. A környezetet szennyező, kisméretű – 5 mm-nél rövidebb – műanyagdarabkákat, -törmelékeket sorolják ide, az USA Nemzeti Óceáni és Atmoszfér Igazgatósága (NOAA) definíciója szerint. Ezeket nem egyfajta műanyag alkotja, bármilyen típusú polimerrészecskékből állhatnak. Ezek különböző forrásokból kerülnek be az ökoszisztémákba, lebomlásuk gyakran száz vagy annál is több év alatt következhet be. Egyelőre a mikroműanyagok teljes ciklusa és környezeti mozgása nem ismert, kutatásuk a közelmúltban felgyorsult.

A mikroműanyag eredet szerint elsődleges és másodlagos lehet:

- Az elsődleges csoportba azokat a kisméretű műanyagokat sorolják, amelyeket pl. eleve szálanyagként, ill. mikrogömbök formájában állítanak elő vagy pelletként (összepréselt rostos anyag) forgalmaznak. Fő képviselőik közé tartoznak a különböző ipari súrolószerek, amelyeket a légfúvástechnikában (rozsdá, festékréteg stb. eltávolítása) alkalmaznak. Felhasználásuk többszörös, mindaddig kifejtik tisztító hatásukat, ameddig méretük és vágási képességük nem csökken kritikus határ alá. Hulladéku veszélyességét fokozza, hogy nehézfémekkel (króm, kadmium, ólom) is telítődhetnek. A másik fő szennyezőforrást az egyéb „mikrosúrolók” jelentik, pl. az arctisztítóknál (bőrradírt) régen őrlött mandula, ill. zabliszt volt a fő hatóanyag, ezeket váltották fel az alkalmas – szabad szemmel nem látható – mikroműanyagok. Egyéb-ként ezek elfordulhatnak hordozóként a gyógyszerekben is.
- A másodlagos csoportba az egyes műanyag termékek, műanyag törmelékek aprózódásából származók tartoznak. Az idő múlásával a fizikai és biológiai lebontás is hozzájárul a kisebb méretű műanyag kialakulásához. Ebben meghatározó a napfénynek kitett műanyaggtörmelék fotodegradációja, ami

1. ábra. Az első műanyagok feltalálói és polimerképző folyamatok





a tördeléses belső szerkezet-változással parányi részecskékhez vezet (a kisebb részekre történő darabolást fragmentációnak nevezik). Egyelőre az óceánokban 1,6 μm -es átmérővel rendelkező mikroműanyagokat találnak, de várható a további méretcsökkenés (2. ábra).

2. ábra. A mikroműanyagok csoportjai



Mikroműanyagok a környezetben

Az Európai Unió tudományos tanácsadó testülete 2019-ben közzétett tanulmánya szerint a mikroműanyagok a környezet minden részében jelen vannak, azonban szennyezésük ökológiai kockázata jelenleg még tudományosan, ill. pontosan nem bizonyított. Ugyanakkor az már most megállapítható, ha a szennyezés az ismert ütemben folytatódik, úgy a kockázatok széles körben elterjednek évtizedek múlva.

A Washingtoni Egyetemen egy nemzetközi kutatási workshop résztvevői kiemelten a tengeri (és részben az édesvízi) környezet problémájának tartották a mikroműanyagok jelenlétét, miután a tengeri szervezetekbe különböző módon bejutnak. A nagyobb műanyag tárgyak veszélye sem elhanyagolható, lenyelve (tápcsatornában lerakódás, elzáródás), légzőszervbe kerülve (fulladás) pusztulást okoznak. Egyes állatoknál a belegabalyodás is lehet végzetes (3. ábra).

Az állatokba bejutott mikroműanyagok esetleg 14 nap után ürülnek ki, egyébként 2 napos az emésztési periódus. A kopolyús élőlényeknél sajnos nincs teljes ürülés, mert ezek a részecskék raktározódnak. Az apró műanyagtól terhelt állatokat fogyasztó ragadozók közvetítésével, a magasabb trópuszintű „etetől” testébe is bekerül a zavaró idegenanyag.

A mikroműanyagok beágyazódhatnak az állati szövetekbe. A gyűrűsférgék gyomor- és béltraktusában kötődve jelen vannak, egyes rákok légző- és emésztőrendszerükbe integrálják a parányi

3. ábra. Műanyag hulladékba gabalyodott élőlények



idegenanyagokat. Az óceánok fenekén levő üledékből táplálkozó, tüskésbőrűk közé tartozó tengeri uborka négy faja, a PVC- és poliamid- (nejlon) részecskéből 20–100 szoros mennyiséget nyel adott méretnagyságokból, a többihez képest.

Az édesvízi halak is fogyasztanak mikroműanyagokat, pl. az argentin tengerparton, a Rio de la Plata torkolatánál 11 fajnál kimutatták, amelyek egyébként különböző táplálékokat vesznek fel. A halakban, rákfélékben levő parányi műanyag részecskék fogyasztással az emberi szervezetbe is bekerülnek. Egyes kutatások szerint a mikroműanyag szálak akár kémiai kapcsolatra is képesek pl. poliklórozott bifenilekkel (PCB, toxikus és valószínűsíthetően rákkeltő vegyület), a veszélyes nehézfémeket megkötik, amelyek így bejutnak az élő szervezetekbe.

Az elsődleges zátonyépítőknél számító korallak a kísérletek során magukba vették a mikroműanyagokat, aminek hatására kifehéredtek. Egyébként ezek a parányi részecskék akadályozzák az üledékkezelést. A korallokra feltapadt mikroszennyezések eltávolításához folyamatosan termelt nyálkahártya sok energiát felemésztve a virágállatok pusztulását gyorsíthatja. Belize (kis ország Közép-Amerika keleti partján) Turneffe Atoll környezetében a tengeri fű ¾-éhez mikroműanyag szálak, szilánk- és gyöngyszerű törmelék tapadnak.

A zooplankton 2–30 μm -es mikroműanyag gyöngyöket fogyaszt, így ürülékével ezek visszakérülnek a vízbe. Egyes polimerek [pl. nagy sűrűségű polietilén (HDPE) és kis sűrűségű változata (LDPE), ill. a poli-propilén (PP)] kedvező táplálékot jelentenek, mert dimetil-szulfid infokémiai anyagot bocsátanak ki, ami a növényi (fito) plankton szagkibocsátásra jellemző. Ezek a vegyületek a műanyag zacskókban, flakonok zárókupakjaiban, több műszaki textíliában is előfordulnak. Hasonlóan kockázatos a biszfenol [A(BPA)], amely mint műanyag edző terjedt el, pl. a polikarbonátban törésgátlóként alkalmazzák. A tetrabrom-biszfenolt (TBBPA) égésgátló képessége miatt alkalmazzák több műanyagban, ezek bizonyítottan a pajzs-, ill. agyalapi mirigy működését zavarják.

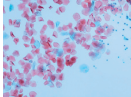
A nanoműanyagok csoportjába a kb. 100 nm-ig terjedő részecskeméretűeket sorolják.

A talajokba került műanyag alapú mikroszennyezők területén még kevés kutatás ismert. A talajfauna ún. geofágikus (földevő) élőlényei (földigiliszták, ízeltlábúak egy csoportja, atka) a mikroszennyezők előfordulását fokozzák (a műanyag törmelék az emésztési folyamat során részben lebontva ürítik). A szennyvíziszapokban előforduló szálak mikroműanyagok csökkentésére a visszanyeréssel is elkezdtek foglalkozni.

Egy átlagos emberbe évente legalább 50 ezer mikroműanyag-részecske kerül étkezéssel és beléggzéssel. Többek között a tengeri és részben a kőszóban is kimutatható ez a szennyezőanyag, főként polietilén-tereftalát (PET) formájában. A levegőben való megjelenésüket és terjedésüket az is bizonyítja, hogy a Sziklás-hegység esővízében is találtak mikroműanyagot, szálak mikroműanyagot. Más helyeken a hórétegben is megjelent ez a szennyező. A hóeséskor a pelyhek elfognak a levegőből részecskéket, pl. a Grönland és a Spitzbergák közötti tengeren lévő jégtábláról vett hóminták átlagosan 1760 mikroműanyag-részecskét tartalmaznak literenként.

A műanyag szennyezők viselkedése a tengerben

A bekerült műanyag részecskék vízben való mozgását az anyag sűrűsége, mérete és alakja is befolyásolja. A víz felszínén úszó műanyagok filmet alkotnak. Az egyes műanyagok sűrűsége álta-



lában 1 g/cm^3 feletti (pl. polietilén-tereftalát $1,38\text{--}1,41$, poliamid $1,13\text{--}1,16$, polivinil-klorid $1,38\text{--}1,41$, politetrafluor-etilén $2,10\text{--}2,30$, poliakril-nitril $1,14\text{--}1,18$, cellulóz-triacetát $1,30 \text{ g/cm}^3$), néhány olefin 1 g/cm^3 alatti (pl. polietilén $0,94\text{--}0,98$, polipropilén $0,85\text{--}0,92 \text{ g/cm}^3$). A műanyag-törmelék egy része a tengerfenékre süllyed, ezzel zavarva az üledékben élő fajokat és rontva az üledékes gázcserét. A megkötődött mikroműanyagokra kevesebb felhajtóerő hat, ami a fotoszintézisre is kedvezőtlen.

A mikroműanyagok a környezetből felvett, nehezen lebomló perzisztens vegyületek (POP – persistent organic pollutants) hordozói is, ezek a főként aromás klórozott szénhidrogén-származékok mérgezők. Főleg a lassan lebomló, zsírban oldódó vegyületek hosszú ideig az élő szervezetben maradhatnak (pl. a policiklusos aromás szénhidrogének „felezési ideje” több évtized lehet).

Az ipari eredetű mikroműanyagok felhalmozódnak a tenger gyümölcseiben. Egyes madarak gyomrában kimutatható a polibromozott difenil-éter (PBDE), ami a zsákmányaikban nem fordul elő. A szárnyasokba mikroműanyaggal kerülnek a veszélyes vegyületek.

A levegő műanyag szennyezői

A légkörben is jelen vannak a mikroműanyagok. A szennyezett utcai levegő köbméterében 30 g por mellett 2649 db mikrorészecskét detektáltak, a beltéri levegőben $1\text{--}60$ db ilyen részecskét mutattak ki.

A gépkocsi-gumiabroncsok, a lábbelitalpak kopása is hozzájárul az első-, és főleg a másodrendű mikroműanyagok fokozódásához. Ezek egy főre eső globális átlaga $0,81 \text{ kg/év}$ (kisebb mértékben a repülőgépkerek, fékbetétkopások és a műfüves sportpályák a további szennyezők). A légszennyezők között is előfordulnak, a $\text{PM}_{2,5}$ ($2,5 \mu\text{m}$ -nél kisebb részecskék) $3\text{--}7\%$ -át okozza gumiabroncskopás, ami a WHO (Egészségügyi Világszervezet) szerint hozzájárul a globális légszennyezés terhelő tényezőihez, évente 3 millió ember halálát okozva (figyelembe véve, hogy ezek a részecskék az élelmiszerláncba is bekerülnek) (4. ábra).

4. ábra. Gumiabroncs, cipőtalp, műfüves pálya okozta mikroműanyag szennyezés



Jellegzetes, mikroműanyag szennyezést kibocsátó területek

Műanyaggyártás

A műanyag-előállításnál a granulátum a fő alapanyag, ill. a gyan-tapellet (összepréselt kiszerelés). Az USA-ban a pellettermelés 1960-tól kezdve közel 30 év alatt meghétszereződött. A feldolgo-

zóüzemekből – a különböző mulasztások miatt – közvetlenül a környezetbe távozó alapanyagok okoznak kockázatokat. A szárazföldi és vízi szállítás során – a csomagolási problémák okaként – bekövetkező kiömlés az ökoszisztémák szennyeződéséhez vezet. Egy skandináv műanyaggyártó üzemmel szomszédos kikötő vízének egy köbméterében 102 ezer műanyagrészecskét találtak!

A kozmetikai ipar termékeinek hatása

A mikroműanyagok – mint parányi súrolószerek – az ún. hám-lasztó (arcmosó, szappan, egyes testápolók) és tisztító (pl. fogkrém) készítményekben vannak jelen. Ezeket a gyöngy alakú mikrogranulátumokat elsősorban polietilénből, valamint polipropilénből, polietilén-tereftalátból, poliamidból készítik. Az ilyen tartalmú készítmények lemosásuk után a szennyvízbe távoznak. A szennyvíztisztító telepek szűrői a nagyobb részecskéket leválasztják, azonban a kisebb mikroműanyagok 7 db mikrogömb/liter mennyiségben az élővizekbe kerülnek. Ez becslések szerint napi 8 trillió darab szennyezőt jelent. Ezenfelül további mikroműanyag-terhelést okoz a szennyvíziszap kezelés utáni, mezőgazdasági felhasználása. A problémát fokozza, hogy a mikrogömbök kockázatot jelentő vegyületeket vesznek fel, így például a policiklikus aromás szénhidrogéneket (PAH), peszticideket (nővényvédő szerek).

A hajózás, halászat szennyezése

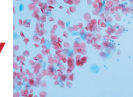
A kereskedelmi hajózási flották már 1970-ben 23 ezer tonna műanyagot dobtak a tengerekbe. 1988-ban nemzetközi megállapodás tiltotta a hajók hulladékának vízbe öntését. Sajnos továbbra is meghatározó műanyagszennyező a hajózás, 1990-ben $6,5$ millió tonnára nőtt ennek mértéke.

A kereskedelmi, de a szabadidős halászat is jelentős mikroműanyag-szennyező. A tönkrement, ill. elveszett halászeszközök (kötelek, hálók) az óceánon nemcsak lebegnek, hanem mélyebbre is sodródnak.

Műanyag palackok

Az egyszer használatos PET ásványviz-es palackok mechanikai igénybevételnek kitett különböző részeiből leváló műanyag-részecskék felületének morfológiai jellemzőit és összetételét vizsgálták, ezzel együtt a mintavételi víz részecskekoncentrációjának alakulását. Az elemzés kiterjedt a PET palack szűk keresztmetszetű anyagrészeinek és a HDPE (nagy sűrűségű polietilén) kupak hatására, azaz arra, hogy miként változik a mikroműanyag-felszabadulás közvetlen a felületükön, valamint a nyitások-zárások alkalmával. Ennek során megállapították, hogy a mikroműanyag-részecskék előfordulását – mind a falakon, mind a kupakoknál – fokozottan megnövelte a palackok kinyitása, ill. bezárása. Jelentős különbségeket tapasztaltak a különböző ásványvíz-márkákhoz tartozó kupakok kopását illetően. A kísérletek során sajtoló igénybevételeknek is kitették a palackokat. Így az ásványvíz részecskekoncentrációja nem növekedett szignifikánsan az expressziós kezelés hatására (a palackfalon feszültségrepedések nem fordultak elő).

Egy kiterjedt külföldi vizsgálat során a palackozott víz 93% -ánál kimutatták a műanyag szennyezőket. Literenként átlagosan 325 db mikroműanyagot találtak (sőt 800 részecske is volt egyes palackokban). Bizonyára főleg a víz palackozása során kerültek bele (5. ábra).



5. ábra. PET palack és kupakjának mikroműanyag szennyezése

A textiltermékekből leváló szálak mikroműanyagok

A mesterséges szálgyártáshoz a szilárd nagy molekulájú anyagot folyékony halmazállapotúvá kell alakítani. A hőre lágyuló műanyagok (pl. poliszter, polilaktid) esetében ez olvasztással egyszerűen megoldható. Amelyik polimer nem olvasztható, annál az iparilag könnyebben elérhető, gazdaságosan alkalmazható oldószerekkel (pl. poliakril-nitril) alakítható ki a folyékony állapot. Előfordul olyan, szálképzés céljára alkalmas természetes eredetű polimer (pl. cellulóz), amely nem termoplasztikus, ugyanakkor oldószere speciális és nagyon drága, így ipari méretekben ez nem jelent megfelelő megoldást. Ilyen esetben vagy átmeneti kémiai átalakítást végeznek (pl. a viszkóz-szál gyártásához cellulóz-xangtogenátot képeznek), vagy véglegesen kémiailag átalakított származék (pl. a cellulóz ecetsavas észterezésével kialakított cellulóz-triacetát) adja a szálgyártás aránylag egyszerűbben oldható alapanyagát.

A folyékony halmazállapotú polimert fogaskerék-szivattyú szállítja a szálképző fejhez, amelynek parányi csatornáin átrésvélve alakulnak ki a szálak. A szálképző lemez apró nyílásain kiszajtoló képződmények megszilárdulnak – olvadákból történő előállításnál hűtő légáram hatására, oldószeres módszernél ennek meleg levegős elpárologtatásával, az átmenetileg kémiai átalakítású polimernél a nedves szálképzés során a kicsapófürdőben.

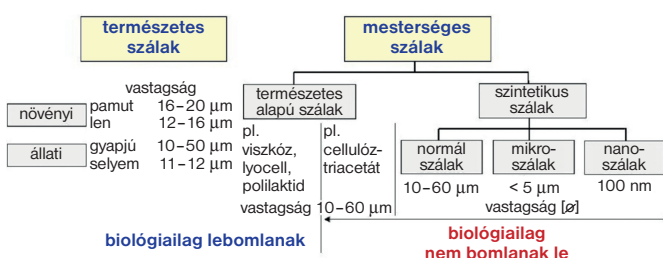
Az eddig említett normálszálakon (átmérőjük kb. 10–60 µm) kívül vékonyabb szálanyagokat is gyártanak.

A nagy finomságú mikroszálak [az 1 dtex-nél finomabb (10 000 m szál 1 g-nál kisebb tömegű), kb. 5 µm alatti szálátmérős szálanyagok; a legfinomabb gyapjú 10 µm Ø-vel jellemezhető] mint egyenletesen hengeres képződmények előállításánál a legelterjedtebb a bikomponenses (a szálát felépítő anyag mellett ún. átmeneti kötőkomponens a másik összetevő) módszer.

A nanoszál elnevezés a nanomolekuláris méretre utal. Jelenleg alapvetően nanoszál csak vágottszál formájában állítható elő (6. ábra).

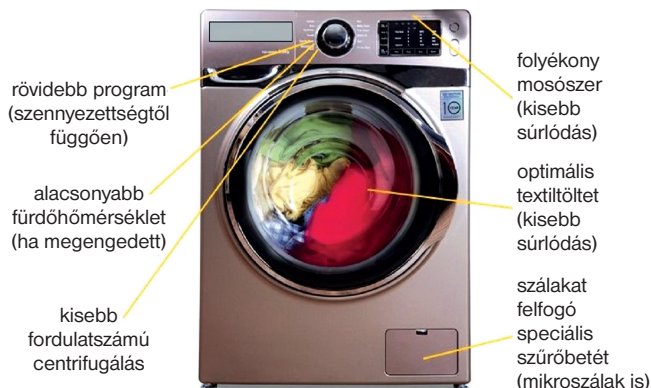
A textíliákból készült konfekcionált termékek (ruházat, lakástextil stb.) mosása során nagyszámú szál kerül a mosófürdőbe,

6. ábra. Különböző szálanyagok vastagsága és környezeti hatások



centrifugált vízbe (pl. 6 kg-os töltet esetén 700 ezer szál válik le). Ezt a szálak fonalsodratból való kiszabadulása, használati és mosásmechanikai töredezése, természetes elhasználódásból eredő kiullása stb. idézi elő (7. ábra).

Néhány javasolt mosási módszer, amivel csökkenthető a szálak mikroműanyagok leszakadása: Célszerű a szintetikus szálanyagokból készült ruhaipari termékek rövidebb programmal történő gépi mosása és alacsonyabb fordulatszámon végrehajtott



7. ábra. Szálak mikroműanyagok szennyezésének csökkentése a háztartási mosásnál

centrifugálása. Az optimális mosógéptöltet kihasználásával kisebb a textiltermékek közötti sűrűlódás, így kevésbé fognak leszakadni a szálak. A folyékony mosószer kisebb sűrűlódással veszi igénybe a ruhákat, továbbá a mosógél vagy a tökéletesen feloldott mosószóda kedvezőbb körülményeket biztosít, mint a por alakú mosószer. Az alacsonyabb hőmérsékleten végzett mosást is javasolják [persze a kezelési jelképsor teknő/kád piktogramjában szereplő számadat (°C) az irányadó], mert a melegebb vízben több szál szakadhat le. Több fejlesztés is folyik a mosógépből távozó vizet hatékonyan szűrő betétek alkalmazására, hogy a szálak mikroműanyagokat már a háztartásokban leválasszuk.



8. ábra. Néhány újrahasznosítható műanyag jelölése

- | | |
|---|--|
| 1 – PET vagy PETE – polietilén-tereftalát | 5 – PP – polipropilén |
| 2 – HDPE – nagy sűrűségű polietilén | 6 – PS – polisztirol |
| 3 – PVC – polivinil-klorid | 7, ill. alul 0 – egyéb újrahasznosítható anyag |
| 4 – LDPE – kis sűrűségű polietilén | |

Az egyes műanyagok lehetőség szerinti újrahasznosítása valamennyire csökkentheti a mikroműanyagok felhalmozódását a környezetben (8. ábra).

IRODALOM

- [1] Paulik Katalin: Innotéka, 2019. május.
- [2] <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2019/05>
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Microplastics>
- [4] Wessling Hungary Kft.: Élet és Tudomány (2018) 35. szám
- [5] Kutasi Csaba: Magyar Textiltechnika (2018) 3. szám.
- [6] Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület: A magyar textil- és ruhaipar kutatás-fejlesztési és innovációs stratégiája, 2009.



Kiss Edina

■ ELTE Kémiai Intézet | drkissed@gmail.com

A nanotanítástól a bemutatóóráig

Kihívások a tanárrá válás színpadán



Egy nemrég megjelent cikkben olvashattak az ELTE-n zajló „új” osztatlan kémiantanár-képzésről. [1] Kapcsolódva ehhez az íráshoz én azt mutatom be részletesebben, hogy ebben a képzésben milyen, a tanítással összefüggő megmérettetésen kell túljutniuk kémiantanár szakos hallgatóinknak egészen addig, míg diplomás tanárokká válnak.

Tanulmányaik során hallgatóinknak több olyan kurzus és gyakorlat elvégzése van előírva a tantervi hálóban, mely során ilyen vagy olyan helyzetekben, de tanítaniuk kell. A hallgatók egy része természetesen már rendelkezik tapasztalatokkal, mert például volt a családjukban vagy az ismeretségi körükben olyan gyerek, aki korrepetálásra szorult kémiából, vagy saját középiskolájukban tanáraik felkérésére tartottak foglalkozásokat kisebbeknek. Ezzel kapcsolatban szinte kivétel nélkül mindannyian pozitív emlékeket őriznek, ami nagyon fontos már a kezdetekkor is.

Sokan szokták tőlem kérdezni, hogy

mennyire lelkesek kémiantanár szakos hallgatóink. Valóban tanítani készülnek-e, vagy csak azért végzik ezt a szakot, hogy legyen egy diplomájuk? Bár mindig felteszem nekik ezt a kérdést én is, amikor beülnek az első módszertani órára, de borítékolom, hogy komolyan gondolják a pályára kerülést, és a válaszok ezt meg is erősítik. Ennek oka az, hogy sokkal több energiát kell bele fektetni, mintsem megélné csak a diplomáért küzdeni. Mindazonáltal kémiantanárrá válni csak az igazán elhivatottak akarnak a jelenlegi társadalmi helyzetet figyelembe véve (a tanárok megbecsüléséről, körülményeiről és a kémiantanók hiányáról sokat olvashattunk már), ami egyszerre jelenti a gyerekek és a kémia iránti szeretetet, tiszteletet, elköteleződést.

Hallgatóink először másodéves korukban kerülnek kapcsolatba a kémia szakmódszertannal a „Bevezetés a kémiantanításba” című kurzusunk során. Heti 2 órában meghatározott időpontban találkozunk a hallgatókkal. A kurzus elsődleges

célja a motiválás. Jó, ha minél előbb kapcsolatba kerülnek az iskolával, és az ott tanító kollégákkal, és nem utolsósorban a tanulókkal. Ezért néhány (4–6) alkalommal elvisszük őket hospitálni az ELTE gyakorlóiskoláiba vezetőtanárainkhoz, illetve más iskolákba mentortanárainkhoz, vagy lelkes, vállalkozó kedvű kémiantanárokhöz. A lényeg, hogy felkészült, nagy tapasztalattal rendelkező kollégáktól jó órákat lássanak. Ez azt jelenti, hogy sokféle oktatási módszert bemutató órákat látogatunk, melyeken tanáraink érdekesen, a mai diákok és pedagógiai, módszertani trendek elvárásainak megfelelő módon dolgozzák fel az éppen tanítandó tananyagrészt. Mindközben hallgatóink gyakorolják a megfigyelést. A tanórák elemzése meglehetősen nehéz, de annál hasznosabb feladat. Ezáltal válik tudatossá az elmélet és a gyakorlat kapcsolata. Folyamatos gyakorlásával lesz képes mind a kezdő tanárjelölt, mind pedig már a pályán lévő tanár érdemben reflektálni mások és a saját munkájára, ezáltal egyre rutinosabban alkalmazkodni helyzetekhez, és az elméletben kitűzött célokat egyre sikeresebben megvalósítani a gyakorlatban. Ehhez hallgatóink kapnak egy részletes elemzési rendszert, amelyből azonban az elején csak egy-egy szempontot kell kiválasztaniuk a megfigyeléshez. Betartva a fokozatosságot, a későbbiekben egyre több szempontot kísérhetnek figyelemmel, de ügyelni kell a szakszerű és objektív véleményformálásra.

A kurzus másodlagos célja pedig az első gyakorlati tapasztalatok megszerzése akkor is, ha valakinek még nem volt ilyen élménye. A foglalkozások további részében egymás előtt tanítanak a hallgatók, melyet mi nanotanításnak hívunk. A nanotanítás még a mikrotanításnál (lásd később) is rövidebb lélegzetvételű tanítási gyakorlat,

Aszpirin vizsgálata tanulói kísérlet bemutatásával a módszertani kurzuson





Terepgyakorlaton a Terézvárosi Kéttannyelvű Általános Iskola 2.b osztályában

ahol annál egyszerűbb követelményeknek kell eleget tenni. Ennek folyamán a jól bevált módszer alapján a csoporttársak játszsák a tanulókat. A feladat egy 10–15 perces órarészlet tartása bármilyen kémiai tartalommal úgy, hogy az érdekes legyen a tanulók számára, tehát lekösse figyelmüket, és megértsék azt. Ehhez már itt is sokféle feltételnek kell megfelelni, kezdve a jól érthető, hangos beszédétől a logikus óravezetésen keresztül a figyelem fenntartásáig. Általános tapasztalat, hogy első alkalommal csak keveseknek sikerül ennyiféle figyelni, és emiatt nagyon fárasztó tud lenni már ez a 10–15 perc is. Pedig akkor még arról nem is beszéltünk, hogy a hallgató mennyi időt töltött az erre való felkészüléssel. Persze nem jut könnyebb szerep annak sem, aki csak eljátssza a tanuló szerepét. Igen nehéz feladat egyetemistaként beleélni magunkat ebbe a szerepkörbe, ugyanis tudni kellene, hogy az adott életkorban miről mennyi ismerettel rendelkeznek a diákok. Az sem könnyíti meg a helyzetet, hogy hallgatóink még csak másodévesek, tehát nemrég még ők is a közoktatás padjait koptatták. Rendszerint már nem emlékeznek a tananyag évenkénti felosztására, és az azóta bekövetkező esetleges változásokat értelemszerűen nem is követik, mert korábban erre nincs is szükségük. Ezért már itt az az elvárás, hogy kezdjék el olvasgatni a Nat (Nemzeti alaptanterv) vonatkozó részeit, és az éppen aktuális kerettanterveket. Az órát tartó hallgatónak ezért az elején el kell mondania, hogy melyik évfolyamnak, milyen (alap vagy tagozatos, esetleg emelt) szinten szánta az órarészletét, és milyen alapfogalmakkal kell tisztában lenni ahhoz, hogy megértsék a tanultakat.

A „tanulók” ezután érdekes helyzetbe kerülnek, mert nem egyszerűen csak részt

vesznek az órán, de a korábban említett szempontok szerint meg is figyelik azt. A végén mindenkinek lehetősége van elmondani a véleményét, persze megfelelő formában. Az építő kritika mindenkinek jól jön. Természetesen a módszertanok oktató is felhívja a figyelmet az esetleges hiányosságokra, javítandó részletekre, de szerencsére sokszor adódik alkalom a dicsőretre is. Bevallom, nagyon jó érzés a nanotanításnak már az első néhány percében azt látni, hogy az éppen órát tartó hallgatót mintha csak a katedrára teremtettk volna. Néha egyértelműen kiderül, hogy valamely családtagtól „örökölték” a tanári vénát, de legalább ugyanennyi alkalommal nincs ilyen jellegű támogató háttér.

A tanulmányoknak már ebben a kezdeti szakaszában igyekszünk arra nevelni a hallgatókat, hogy legyenek igényesek úgy szakmailag, mint módszertanilag. Minden kísérletet próbáljanak ki előre, készítsenek össze időben, és legyenek pontosak, határidőket ne mulasszanak el. A kurzus végén a hallgatók portfólió jellegű beszámolóval tartoznak a félév során megtekintett órákról, nanotanításokról, hogy aztán a háromfokozatú értékelésen mindenki megkapja a megfelelő besorolást (kiválóan megfelelt, megfelelt, nem felelt meg).

A negyedik félévben „Feladatok megoldásának tanítása” címen újabb szakmódszertani kurzus következik. Mire ide kerülnek hallgatóink, addigra több szakmai számolási gyakorlaton bizonyítanak már, tehát elvileg képesek a kémiai számítási feladatok megoldására. Azonban egy tanárnak képesnek kell lenni azok megtanítására is. Ennek külön módszertana van. Nem elég logikusan levezetni a megoldást, de szükség van egy átlátható, olvasható táblavázlatra, mindezeket pedig érthető magyarázat kell, hogy kísérje. Megfelelő

határozottsággal kell használni a különböző jelöléseket és mértékegységeket, és nem árt, ha alternatív megoldási módokat is bemutatunk. Korábban az írásbeli zh-kon kívül elvárás volt, hogy legalább egyszer mindenki bemutassa egy feladatnak a megoldását a táblánál a többieknek, azonban az így nyújtott teljesítményt nem számítottuk be a félév eredményébe. A mostani évtől már itt is mikrotanításokat szervezünk, és az ekkor szerzett pontszámok hozzájárulnak a végző összesítéséhez.

A tanrend szerint harmadév második félévében veszik fel a hallgatók „A kémiatanítás módszertana 1” előadást és gyakorlatot. A gyakorlat elméleti háttérét az általános iskolai, tehát hetedik és nyolcadik évfolyamon tanított kémia tananyaga alkotja. Itt kezdetét veszi a komoly munka. Az egyórás előadások után bevesszük magunkat a laborba, és 3 órán keresztül kísérletezünk. A kémiatanár eszköztárának a kísérletek igen fontos részét képezik, és nem csak azért, mert a szemléltetés ilyen formáját a tanulók különösen elvárják az órákon. Itt elsősorban olyan kísérletek kerülnek terítésre, melyek a tanári gyakorlat során jó szolgálatot tehetnek majd valamilyen szempontból (motiváció, fogalmi megértés segítése, gondolkodási képesség fejlesztése és még sorolhatnám). Nem árt ismerni őket, mert segítségükkel tanítható érdekesen a kémia. Más kísérleteket nehéz elvégezni, ezért érdemes már most rutint szerezni a megvalósításukban. Az első ilyen alkalommal csak egymásnak mutatják be és magyarázzák el a hallgatók a kísérleteket. Időben előre haladva azonban rendszerint nyílt laborrá alakulunk, ahol külső helyszínről érkező általános és középiskolás tanulókat látunk vendégül. Így a hallgatóknak lehetőségük nyílik az éles bevetésre is. Ekkor minden hallgató mellé jut egy-két kisdíák, akikkel közösen dolgozzák fel, hajtják végre a kitűzött kísérletet, majd együtt is mutatják be annak eredményét, illetve mondják el magyarázatát a többieknek. A cél, hogy a hallgatók az adott kísérlet által megengedett módon foglalkoztassák a tanulókat. Azaz az előkészítéstől egészen annak végrehajtásáig együtt tevékenykednek, miközben a hallgató gyakorolja az ide vonatkozó módszereket, és ügyel a balesetvédelemre.

A félév második felében a hallgatóknak mikrotanításokat kell tartaniuk, amelyek nevükből adódóan a nanotanításokhoz hasonló szerkezetű gyakorlatok, csak azoknál hosszabb (25–30 perc) időtartamúak. Azonban – ellentétben a nanotanításokkal, ahol a hallgatók viszonylag nagy szabad-



Terepgyakorlaton a hallgatók

ságot élvezhetnek a témát illetően – itt egy konkrét listát kapnak. Mindenképpen az aktuális kerettantervek által előírt tananyagból kell választaniuk, ami ebben a kurzusban előírás szerint az általános iskolai részt öleli fel. Természetesen profi óratervet kell írniuk hozzá, aminek a megszületése általában több körben történik. A hallgató e-mailben elküldi az általa gondolt első verziót, amit mi, módszertanos oktatók ellátunk javaslatainkkal és javítjuk ott, ahol arra szükség van. Sőt, a mikrotanítás után mindenkinek még egy hét áll a rendelkezésére ahhoz, hogy a tapasztalatokat beépítve elküldje az utolsó verziót. Ekkor már olyannak kell lennie, amiből egy hasonló felkészültségű hallgató is bármikor tud órát tartani csak az óraterv alapján, minden más segítség nélkül.

Teljes és részletes óratervet rendszerint csak különleges alkalmakkor készítünk az óráinkhoz. (Máskor inkább csak óravázlat készül.) Ilyen pl. ez a mikrotanítás, vagy az iskolai tanítási gyakorlatok órái, később pedig a pedagógus életpályamodell által megkövetelt minősítési eljárások során. Azonban érdemes tudni, hogy írása alapos felkészültséget igényel és nagyon hasznos a szóban forgó óra tervezéséhez. Megírásához nagyban hozzájárul a megfelelő oktatási stratégia alapos összeállítása, mely nemcsak az alkalmazott módszereket, de a tanulói munkaformákat és az óra során felhasznált eszközöket is magába foglalja, tehát komplex módon át kell gondolni az óra minden részletét percről percre.

Visszatérve a mikrotanítások tartalmára és kivitelezésére, az is elvárás, hogy az első féléves kurzus alkalmával mindenképpen legyen benne kísérlettervezős tanulókísérleti részlet is. Ez olyan feladatot jelent, amely során a tanuló a szükséges előzetes ismeretek birtokában maga tervez

meg egy egyszerű kísérletet, vagy annak egy vagy több lépését egy adott probléma megoldására. Ekkor a hallgató megtapasztalja, hogy a tanár részéről mennyi munkát igényel az, ha tanulóinkat csoportokban szeretnénk kísérleteztetni. Először is kell hozzá egy frappáns feladatlap, amelynek a konkrét vagy egy lehetséges megoldását is be kell illeszteni az óratervbe annak mellékleteként. Végig kell gondolni, hogy az egyes eszközökből hány darab, a vegyszerekből, oldatokból pontosan mekkora mennyiség, illetve milyen koncentrációjú kell. Ez egy újabb mellékletben technikai segédletként kerül be a dokumentumba. Persze a puding próbája az evés, úgyhogy a kísérlet előzetes kipróbálása és az alapos tervezés ellenére is előfordul néha, hogy a helyszínen mégis hiányzik valami, amire nem gondoltunk.

Mindezekon felül a mikrotanításról videófelvételt készítünk, hogy aztán visszaneézve kellő részletességgel „atomjaira” szedjük és átbeszéljük a csiszolandó momentumokat. Az utólagos megbeszélésen természetesen az első szó jogán a hallgató értékeli a saját munkáját. Elmondhatja az észéseite, és hogy szerinte sikerült-e mindent az elvárásainak megfelelően alakítani. Ha nem, mi volt a probléma, hogyan lehetett volna másképp csinálni stb. Ezt követi a társak építő kritikája, majd végül, ha marad még külön említésre méltó pont, a módszertan-oktató is szóhoz jut.

Bár azt gondolhatjuk, hogy a tanár személyiségjegyei között feltétlenül szerepel az extrovertáltság és a szereplésre való vágy, ennek ellenére nem nagyon találkoztam olyan jelölttel, aki kifejezetten örült volna annak, hogy felvételt készítenek róla. Ez általában csak tovább növeli az amúgy sem alacsony izgalmi szintet. Ezzel csak azt szerettem volna hangsúlyozni, hogy ezek

az események meglehetősen műtermi körülmények között zajlanak. Nem helyettesíthetik az iskolai terepet, de elkezdik a felkészítést a váratlan problémákra. Véleményem szerint a tanár egyik legnagyobb erénye az alkalmazkodóképessége. És itt nem feltétlenül csak a tárgyi feltételekhez való alkalmazkodásról beszélek, sokkal inkább a tanulók reakciói, viselkedése által okozott helyzetekről, amiket előre nem lehet tervezni.

A fent említett módszertani kurzus második részét a következő félévben teljesítik a hallgatók. Itt jön el az ideje annak, hogy szétváljanak aszerint, hogy milyen képzettségű tanárok akarnak lenni. Negyedév első félévében „A kémia tanítás módszertana” kurzusból fel lehet venni 2A, 2B, sőt 2C változatot is. Akik a 2A-t veszik fel, azok általános iskolai képzettséget szereznek kémia tanárként, és 4+1 év után végeznek. (A plusz 1 év az összefüggő egyéni tanítási gyakorlat idejét jelöli a képzésben, amiről hamarosan lesz szó.) Igazából ők is taníthatnak 10. évfolyam végéig, de már nem érettségiztethetnek sem közép-, sem emelt szinten. A 2B verziót választó hallgatókból 5+1 év után középiskolai tanárok lesznek, akik emelt szintű fakultációs csoportokat is vezethetnek és érettségiztethetnek bármilyen szinten. A 2C változatot választók szintén középiskolai tanári oklevelet kapnak a képzés végén, azonban ez a már vegyészként végzett, 1 éves, rövid ciklusú képzésben részt vevő hallgatóknak van összeállítva.

Az első féléves módszertani kurzushoz képest a második félévben mindössze annyi a különbség, hogy az általános iskolai tartalomra ráépül a középiskolai is, főleg ez utóbbit hangsúlyosan tárgyalva, mindenkinek leendő képzettségéhez igazítva. Mivel a nyílt laborokra igyekszünk megfele-



lő életkorú tanulókat meghívni, így itt elsősorban középiskolásokkal foglalkozhatnak a hallgatók. Mikrotanításaik során a tervezős tanulókísérleteket felváltja a demonstrációs tanári kísérlet, óraterveikben pedig feltétlenül szerepelnie kell táblavázlatnak is.

A gyakorlati jegy megszerzéséhez a hallgatók a megfelelő számú alkalmon való részvétel és a kötelező mikrotanítás mellett mindkét félévben írnak egy-egy zárt-helyi dolgozatot. Mindemellett be kell adniuk egy évfolyamdolgozatot is, amelyben az első félévben lefordítanak angol nyelvről egy általuk választott kísérletleírást, amelyet ezután módszertani szempontból is fel kell dolgozni. Második félévben pedig szakcikket írnak egy olyan témában, ami nemcsak a saját maguk, de akár a kollégák számára is hasznos lehet a tanári pályájuk során.

A módszertani kurzusok teljesítése után hallgatóink jogot szereznek a rövid szakmai gyakorlat, azt követően az egyéni összefüggő tanítási gyakorlat elvégzésére, és pedagógusjelöltté válnak.

Időrendben haladva itt kell megemlíteni, hogy a rövid szakmai gyakorlat őszi félévében párhuzamosan elvégezik a hallgatók egy Terepgyakorlat című kurzust is. Az olvasóban joggal merül fel most a kérdés, hogy mit csinál egy kémia tanár terepgyakorlaton egy féléven át. Ezen a kurzuson a cél olyan foglalkozások megtekintése és megtartása, amely a kémia tanórán kívüli helyszíneit érinti, illetve tartalmilag lehet bármilyen, a kémiát megelőző természettudományos témát feldolgozó óra, foglalkozás. Így jutunk el pl. akár óvodákba, és tartunk kísérletes foglalkozásokat, nem titkoltan azzal a céllal, hogy már itt kellemes élményeket társíthassanak a kicserkéléshez. Vagy általános iskolai alsó tagozatos osztályokba, ahol környezetismeretet tanulnak a kisdíjak, vagy felső tagozatba, ahol a természetismeret tantárgy oktatása zajlik. De nagyon jó és hasznos terep a különböző tehetséggondozó szakköröknek a látogatása is. Ilyenkor általában két alkalmat töltünk el egy helyen. Az első alkalommal csak hospitálás zajlik, majd utána a hallgatók vállalnak részt a következő foglalkozás megtartásában. Ez a kurzus a hab a tortán, mert ilyenkor van lehetőség elmenni egy-egy különleges helyre, és akár olyan tevékenységet végezni, amire nem kerülhet sor mindennap. Ilyen alkalom a Csodák Palotájának „Csopa Tudomány Mozaik” nevű pályorientációs fesztiválja is [2] vagy a hagyományosan minden szeptemberben megrendezésre kerülő „Kutatók éjszakája” nevű nagy sikerű

esemény [3]. Annak érdekében, hogy szélesítsük hallgatóink látókörét, közös programot tervezünk a Richter Gedeon Nyrt.-vel is. Ezzel pályorientációs területen is erősíteni igyekszünk a fiatalok tanári kompetenciáit. A modern kor elvárásainak eleget tevő természettudományos szakemberek, kutatók képzése ugyanis nem az egyetemen, hanem már a közoktatásban elkezdődik pedagógusaink által.

A rövid szakmai gyakorlat szakonként egy-egy fél tanévig tart, és az ELTE gyakorlóiskolaiban tanító vezetőtanárok irányításával zajlik. A hallgatóknak 15 tanórát vagy tanórán kívüli szaktárgyi foglalkozást kell önállóan megtartaniuk. [4] A végén bemutató órát tartanak, melyen a vezetőtanáron kívül az iskolavezetés, illetve egy módszertanos oktató is részt vesz. Közvetlenül utána közösen értékeljük a látottakat. Ezen időszak végén már nagy fejlődés figyelhető meg a tanárjelölt munkájában mind módszertanilag, mind pedagógiailag.

Ezt követően egy fontos mérföldkőhöz érnek hallgatóink. Mielőtt jelentkezniük az egyéves összefüggő egyéni gyakorlatra, le kell tenniük a szakterületi záróvizsgát. Ezen a vizsgán a szerves, szervetlen, illetve fizikai kémia tananyagán túl módszertani kérdésekre is válaszolniuk kell. Végül soron ez az utolsó olyan nagy vizsgájuk, ahol a szakmai tudásukról számot adnak, azonban ennek színvonalas teljesítésére szükség is van a továbbhaladáshoz.

A sikeres vizsga után hallgatóink megkezdik az összefüggő egyéni gyakorlatukat, amely egy teljes tanévet ölel fel. Lényeges, hogy ebben az időszakban az eddigiekhez képest átlagos körülmények között gyakorolnak, azaz megszűnik a bizonyos szempontból mesterséges közeg. A tanárjelölt mindkét szakját párhuzamosan tanítja, és egész évben ugyanazokkal a tanulócsoportokkal vannak órái. Szakonként és hetente minimum 2, maximum 5 órát kell tartania. [5] A jelöltnek ebben az évben lehetősége van olyan helyzetekbe kerülni, ami egy későbbi iskolai munkahelyen előfordulhat. Itt nem csak tanítania kell, hanem igyekeznie is beilleszkedni a tantestületbe, és a tanulókkal, valamint azok szüleivel is szorosabb kapcsolatot kell kialakítania. Tanórán kívüli tevékenységeket is végez, a szakjait nem érintő foglalkozásokat tart, illetve meg is figyeli azokat (pl. osztályfőnöki órák). Lényeges, hogy minél több területen álljon helyt ebben az évben, hogy megerősödhessen a pedagógusidentitása. Ebben a mentortanár van a segítségére, ami mellett amennyiben nem

egyezik meg a saját szakpárja a hallgatóéval, a másik szakhoz konzulens tanárt is kijelölnek. Természetesen ebben az időszakban is tartani kell egy bemutató órát. A jelöltnél van bízva, hogy melyik szakjából melyik félévben teszi ezt meg, de mindkettőből szükséges.

Mindeközben tanításkísérő szemináriumra járnak vissza a hallgatók az egyetemre, melyet a szakmódszertanos oktatók vezetnek. Itt lehetőségük van megbeszélni a gyakorlat során felmerülő problémákat, pedagógiai helyzeteket, a lehetséges megoldásokat.

Ha valaki mindezt végigcsinálja, akkor már csak a tanári záróvizsga választja el attól, hogy hivatalosan is tanárrá váljék. Ugyanakkor láthatjuk, hogy ekkorra szépen, fokozatosan, kellő szinten elsajátíthatta az ehhez szükséges készségeket, képességeket. Legalábbis rendelkezik annyi municióval, amivel kiállhat a katedrára. Mi annak idején, a régi osztatlan képzésben csak a mostani rövid, szaktárgyi tanítási gyakorlathoz hasonló, féléves gyakorlatot végeztünk. Igaz, az ennél alaposabb volt, de szükség is volt rá, hiszen hosszú gyakorlatra nem volt lehetőség. Sőt, akkor még gyakornoki évek sem voltak. Ugrottunk rögtön a mély vízbe. Ha szerencsénk volt, találtunk a tantestületben egy tapasztaltabb kollégát, aki szívesen segített bennünket kezdőként, vagy egyszerűen megtaláltunk mindig valakit a kérdéseinkkel, ha kellett. Persze nem biztos, hogy mindenki rendelkezett olyan személyiséggel, hogy mert kérdezni, ha problémája volt. Most a hosszú gyakorlat és a tanári záróvizsgát követő gyakornoki évek alatt még mindenki bátran kérdezhet. Vannak minősített mentor kollégák, akik szívesen segítenek, sőt mesterpedagógusként ez a munkájuk. Kezdő kémia tanáraink megfelelő felkészítésben és mentori támogatásban részesülnek, ami elengedhetetlen feltétele a minőségi munkának. Most már csak azt kellene elérni, hogy ez a munka mind társadalmilag, mind anyagilag megfelelő elismerést kapjon. ●●●

IRODALOM

- [1] Szalay Luca: „Új” osztatlan kémia tanár-képzés az ELTE Kémiai Intézetében (MKL) 2019, 76–80. (Letölthető: http://epa.niif.hu/03000/03005/00036/pdf/EPA03005_MKL_2019_03_076-080.pdf)
- [2] <https://www.csopa.hu/csoadak-palotajarol/hirek/1714-csopa-tudomany-mozaik-4-0>
- [3] http://nepszerukemia.elte.hu/getfolder.php?folder=Kutatokejszakaja&path=KutEj_2018
- [4] http://tkk.elte.hu/wp-content/uploads/2019/09/TKK_rovid_gyak_2019_08_27_28_uj.pdf
- [5] http://tkk.elte.hu/wp-content/uploads/2019/08/TKK_hosszu_gyak_2019_08_27_28.pdf

A hivatkozott weboldalak utolsó látogatásának időpontja: 2020. február 7.

magyar kémikusok lapja

XXXVIII. ÉVFOLYAM 12. SZÁM

Zemplén Géza élete és munkássága

BOGNÁR REZSŐ*

Születésének 100. évfordulója alkalmából jelenteti meg a Magyar Kémikusok Lapja a Zemplén-iskola munkásságát bemutató célszámot. A célszám elejére kívánczik Zemplén Géza életét és munkásságát bemutató közlemény. E témakörben a Magyar Kémikusok Lapja megjelentette Kisfaludy Lajosnak a Magyar Kémikusok Egyesülete 1983. évi közgyűlésén elhangzott ünnepi megemlékezését [1]. Ez a megemlékezés Zemplén Gézát főleg mint embert mutatta be. Jelen bevezető közlemény célja Zemplén Géza és iskolája tudományos munkásságának áttekintése. E két közlemény — úgy gondolom — jól kiegészíti egymást. A célszámban megjelentetett archív közlemények második közléséhez azt a megjegyzést fűzöm, hogy helyhiány miatt legtöbbjüknek a kísérleti részt elhagytuk. A közleményeket igyekeztünk eredeti szerkezetében és írásmódjában megjelentetni akkor is, ha azok nem egyeznek a lap jelenlegi szerkesztési módszerével vagy a kémiai helyesírással.

B. R.

Zemplén Géza 1883. október 26-án született Trencsénben. Középiskoláit Fiumében végezte. Érettségi után mint Eötvös kollégista, a Budapesti Tudományegyetemen kémia, fizika és biológia szakon szerzett 1904-ben tanári oklevelet, és doktori diplomát, „Vizes oldatok felületi feszültségéről” című disszertációja az „Ann. d. Physik” c. folyóiratban is megjelent (1906).

Diplomája megszerzése után a Selmecbányai Bányászati és Erdészeti Főiskolán dolgozott mint tanársegéd, ill. adjunktus és érdeklődése a természetes növényi anyagok kémiaja felé irányult. Tudományos fejlődése és jövője szempontjából döntő jelentőségű volt számára 1909–1912 közötti három év, amikor állami ösztöndíjjal Berlinbe, a világhírű E. Fischer intézetébe került. Először E. Adberhaldennal dolgozott együtt enzimikai területen, de rövidesen a Nobel-díjas E. Fischer közvetlen tanítványa és munkatársa lett és részt vett a világhírű mester korszakalkotó kutatásaiban, konkrétan a természetes aminosavak szintézisében és a szénhidrádkémiai kutatómunkákban. Az eredményes munkásságot tanúsítják az E. Fischerrel közösen megjelent tanulmányok. Számos aminosav (D és L-prolin, α -diaminovaleriansav, ϵ -amino- α -guanido-kapronsav, α -amino-oxysavak stb.) és piperidonszármazékok szintézisét közölték és több közös szénhidrát tárgyú publikáció jelent meg, amelyek közül a cellobiózzal foglalkozó a legkiemelkedőbb.

1911-ben jelentek meg E. Adberhalden szerkesztésében a „Handbuch der biochemischen Arbeits-

methoden” és a „Biochemisches Handlexikon” c. azidótájt alapvető művek, amelyeknek Zemplén Géza munkatársa volt és a szénhidrátok, szénhidrátszármazékok, természetes és szintetikus glikozidok, aminosavak és biogen aminok című fejezeteket Zemplén Géza írta. Zemplén Géza a későbbiek során, a művek újabb kiadásainak is munkatársa volt.

Berlinből hazatérve 1912-ben habilitált a Budapesti Tudományegyetemen, a „Szénhidrátok kémiaja” tárgykörből. 1913-ban a Budapesti Műegyetemen akkor létesített Szerves Kémiai Tanszékre hívták meg professzornak a 30 éves Zemplén Gézát.

Lankadatlan szorgalommal és célratörő akaraterővel fogott hozzá új intézete felszereléséhez, ami az 1914-ben kitört világháború idején nagy nehézségekbe ütközött. De a nehézségek nem tudták megtörni Zemplén Géza akaraterét, munkakedvét és energiáját. Hamarosan megindult a kutatás a műegyetemi tanszéken a természetes anyagok területén és kialakult gyümölcsöző együttműködés az akkor még új, de rohamosan fejlődő Chinoin gyógyszergyárral. Ez az együttműködés, gyakorlati és ipari kapcsolat a Chinoin és műegyetemi Szerves Kémiai Tanszék között Zemplén haláláig fentmaradt.

Megalapozta és részletesen kidolgozta a korszerű szerves kémia műegyetemi oktatását. A vegyészhallgatók számára tartott „Szerveskémia”, „Szerves készítmények gyártása” és „Szerves kémiai laboratóriumi gyakorlatok” nemcsak korszerűek, de igen magas színvonalúak és jól megszervezettek voltak. A hallgatók számára rendkívül hasznosak és érdekesek voltak Zemplén briliáns előadásai és a nagy óraszámú gyakorlatok, amelyek szilárd alapismereteket adtak mind elméleti, mind gyakorlati téren és a szerves kémiai ipar számára is jól felkészített vegyészek kiképezését biztosították. A vegyészhallgatók nagy része a Szerves Kémiai Tanszéken készítette el diplomamunkáját, de a Budapesti Tudományegyetemről is nagyszámú hallgató készítette az Intézetben doktori disszertációját. Ezek a munkák általában igen színvonalasak voltak.

Zemplén Géza új munkahelyén rendkívüli, nem lankadó intenzitással kezdte el és igen eredményesen, megszakítás nélkül folytatta kutatómunkáját. Mai szemmel nézve és mai körülményeinkkel összehasonlítva szinte hihetetlen, hogy a megter-

* MTA Antibiotikum Kémiai Tanszéki Kutatócsoport, Budapest

helő oktatási munka és a csekély asszisztensi létszám (1 adjunktus, 2 tanársegéd és esetenként 1–1 privátasszisztens) mellett hogyan lehetett olyan sok rendkívül nívós és nagy jelentőségű, esetenként alapvető eredményeket elérni, amelyeket több mint 200 eredeti tudományos közleményben publikált. Még az első világháború idején 1915-ben jelent meg az „Enzimek és gyakorlati alkalmazásuk” c. monográfiája, és már betegsége alatt írta meg nagyszabású „Szerves kémia” c. munkáját.

Az első világháború utáni években és évtizedekben születtek a világszerte ismert eredmények, amelyek teljes és részletes felsorolására e rövid megemlékezésben nem vállalkozhatunk. De a legalapvetőbb munkákról röviden mégis meg kell emlékeznünk, hiszen ezeket jórészt még most is idézik, elismerik, sőt alkalmazzák is.

A szénhidrátok, szénhidrátszármazékok, glikozidok területén elért eredmények közül kiemeljük a legfontosabbakat.

A *Zemplén-féle elszappanosítás* még ma is világszerte idézett, ismeretes és ma is mindenütt alkalmazzák az O-acetilezett vagy acilezett szénhidrátszármazékok kémiletes dezacilezésére [2]. Az eljárás lényege: katalitikus mennyiségű Nametilát jelenlétében végbemenő átészterezési folyamat, amelynek mechanizmusát *Zemplén* értelmezte és az eljárás kísérleti metodikáját kidolgozta.

A *Zemplén-féle Hg-acetátos módszer* [3]. Oligoszaharidok és glikozidok előállítására alkalmas eredeti eljárás, amelynek segítségével a megfelelő kiindulási anyagok, és pedig acetohalogén-cukrok és szabad OH csoportot tartalmazó vegyületek vízmentes aprotikus oldószerben Hg-acetát jelenlétében végrehajtott reakciója során glikozilszármazékok állíthatók elő. A módszer különös előnye, hogy a Hg-acetát mennyiségéből függően befolyásolni lehet az α - és β -glikozidos kötésű termékek arányát. Ezzel a módszerrel számos alkoholos és fenolos OH csoportú aglikon glikozidját és igen sok oligoszaharid szintézisét sikerült megvalósítani:

- β -Glikozido-4-glükóz = Cellobióz
- α - és β -Cellobiozido-6-glükóz
- α -Glikozido-6-glükóz = Izomaltóz
- β -Glikozido-6-glükóz = Gentiobióz
- β -Cellobiozido-6-gentiobióz
- β -L-Rhamnozido-6-glükóz = Rutinóz
- β -L-Rhamnozido-6-galaktóz = Robinobióz
- β -D-Xilozido-6-glükóz = Primveróz
- α -D-Xylozido-6-glükóz = Izoprimveróz
- β -Galaktozido-6-glükóz = Allolaktóz
- α -Galaktozido-6-glükóz = Melibióz

A *Zemplén-féle lebontás* [4]. A módszer tulajdonképpen egy régi, 1893-ban *Wohl* által felismert átalakítás továbbfejlesztése és általánosan alkalmazhatóvá tétele, többek között redukáló diszaharidok szerkezetének meghatározására is. Lényege az, hogy a redukáló csoportban, H_2NOH -val oximot képezünk, az oximot Ac_2O -val acetilezzük, amikor az oximból ismert módon vízelvonással nitril képződik. Az acetilezett nitrilt $NaOCH_3$ -tal kezeljük CH_3OH -ban és ekkor nemcsak az O-acetil-

csoportok hasadnak le, hanem a nitril anomer szénatomja HCN formájában kihasad és így egy szénatommal kisebb származékhoz jutunk.

Annak idején, amikor *Zemplén Géza* e módszert kidolgozta, a cellobióz szerkezete még ismeretlen volt, de azt már ismerték, hogy a cellulóz építőelemei cellobióz-egységek. Ezért rendkívül jelentőségű volt *Zemplén* szerkezetbizonyító eljárása, amellyel igazolta, illetve bizonyította, hogy a cellobióz 4- β -D-glükozido-D-glükóz. [5]

Az előbb említett *Zemplén-féle* lebontással ugyanis először 3- β -D-glükozido-D-arabinóz, majd a lebontást megismételve 2- β -D-glükozido-D-eritrozot kapott. Ez a redukáló diszaharid lebontása már nem valósítható meg és ezzel a cellobióz 1–4 glükozidos kötése igazolt. 1926–28 között egész sor fontos diszaharid-szerkezetet igazolt *Zemplén* ezzel a módszerrel: cellobióz, maltóz, laktóz, melekitóz stb.

Természetes glükozidok vizsgálata. A szénhidrátok természetes előfordulása rendkívül gyakori a glikozidokban az ún. aglikonokhoz kötve. *Zemplén* az alapvető szénhidrát-kutatásokkal párhuzamosan a természetes glükozidok szerkezet-meghatározásával és szintézisével is aktívan foglalkozott. 1920–24 között már intenzíven tanulmányozta a szalicin és az amigdalín néven régóta ismert glükozidokat és elsőnek valósította meg az amigdalín szintézisét. Különösen akkor sikerült nagy számú természetes növényi eredetű glükozid szerkezetének végleges bizonyítása, amidőn a cukorkémiában elért eredmények lehetővé tették a különleges cukorkomponensű glükozidok cukorrészének megállapítását és totálszintézisük megvalósítását. Itt csak a szerteágazó eredmény rövid felsorolására szorítkozhatunk. Sikerült a ruberitrinsav, luzitanicozid, a már említett amigdalín stb. szintézise. Ki kell emelnünk a nagy számú különböző oxidációs fokú flavonoid-glükozid szerkezet felderítését és sikeres szintézisét: pl. linarin pektolinarin, florizin, szakuranin, robinin, szalipurpozid, izosalipurpozid, toringin, heszperidin, genisztin, azebotin, acacetin, acaciin, ononin, diozmin, robinin, szulfurein, szkutellarein, szoforicozid stb. Új, természetes flavonoglükozidok elkülönítését is sikerült megvalósítani: neoliarin, neoheszperidin, szoforabiozid.

A második világháborúban a Szerves Kémiai Intézet kiégett, csaknem teljesen tönkrement. Az oktató és kutatómunka azonban a felszabadulás után a kémiai épület alagsorában nehéz körülmények között, de 1949-ig, az Intézet felépítéséig megindult és folytatódott. 1947-ben *Zemplén Géza* két éves meghívást kapott Washingtonba, Georgetown Egyetemre. A meghívást elfogadta, de egy év múlva már hazajött, súlyos betegen. Bejárt még az Intézetbe, amíg egészsége engedte, majd otthonról irányította tanítványait, munkatársait, akik több témával foglalkoztak, amelyek közül kiemelkedő a cukorformázánok, új típusú cukorszármazékok előállítása és átalakítása területén végzett kutatómunka. Már betegen írta a fentebb említett „Szerves kémia” c. tan- és kézikönyvet. A leg gondosabb ápolás és kezelés csak

meghosszabbítani tudta életét mígnem 1956. július 24-én hosszas szenvedés után elhunyt.

Tudományos munkássága és eredményei elismeréseként 1923-ban levelező, majd 1927-ben a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagjává választotta. Ugyancsak tagja volt a hallei Leopoldina Természettudományos Akadémiának. 1928-ban a Magyar Tudományos Akadémia nagydíjával tüntették ki, majd 1931-ben megkapta a Corvin koszorút, 1940-ben a Német Kémiai Társaság legmagasabb kitüntetését, az A. W. Hoffmann emlékérmét, 1948-ban pedig a legelső között kapta meg a Kossuth-díj aranyfokozatát.

Zemplén Géza hivatott és állandóan aktív művelője volt a maga tudományának. Benne hiánytalanul megtestesült az az elv, hogy csak az lehet igazán nagy professzor, egyetemi tanár, aki maga is aktív és eredményes kutató. Rendkívüli egyénisége, céltudatos irányító, vezető képessége, hallatlan alkotó készsége teremtette meg és fejlesztette ki azt a tudományos iskolát, mely nemcsak neki, hanem az egész magyar kémiai tudománynak nemzetközi elismerést szerzett. Ennek az iskolának a hatása hosszú időre lefektette a magyar kémiai tudomány alapjait, és fejlődésére döntő hatású volt. Jelen célszám ezt az iskolát szeretné bemutatni.

Hihetetlen éleslátásával ki tudta választani a „témát”, a leglényegesebb problémákat és szinte megdöbbentő biztonsággal jelölte meg a sokféle lehetőség között a megoldás útját, amin azután makacsul megmaradt az eredmény eléréséig.

Igazi emberi nagysága az igazi magyar tudós hazafisága 1944-ben mutatkozott meg. Mikor a fasiszta nyilas kormány a Műegyetemet a többi egyetemmel együtt Németországba akarta áttelepíteni és ezt a kormány vallás- és közoktatásügyi minisztere az egybegyűjtött egyetemi tanárokkal közölte, néma csend fogadta szavait. És ekkor megszólalt Zemplén Géza mélyen csengő hangja és megfontolt szava:

„Mi magyar egyetemi tanárok nem megyünk. Nem hagyjuk magunkat, mint a barmokat elhurcoltatni”. Néhány nappal később nyilas pribékek börtönbe vetették a legnagyobb magyar kémikust.

Gazdag és felbecsülhetetlen az az örökség, amelyet Zemplén Gézától, tanítómesterünktől, a kiváló professzortól, a világhírű tudóstól és az igaz emberséges embertől kaptunk.

„Zemplén Géza publikációinak, tudományos közleményeinek, szabadalmainak teljes és részletes listája az alábbi nekrológokban, megemlékezésekben található: R. Bognár: Acta Chemica Hungarica 19, 121–142 1959. O. Th. Schmidt: Chemische Berichte 92, I—XIX. 1959.

PEZIOME

В статье дано напоминание о научном жизненном пути Гезы Земплена, бывшего профессора Будапештского

Технического Университета, члена Венгерской Академии. Описаны результаты его трехлетней работы в качестве стипендиата в институте Э. Фишера владеющего нобелевской премией, события по организации Кафедры Органической Химии Будапештского Технического Университета, которой Г. Земплэн являлся первым профессором, оформление области его работы, и деятельность его по обучению.

Затем кратко изложены важнейшие научные достижения связанные с его именем, в частности, омыление с метилатом натрия по Земплэну, так наз. Синтетические методы гликозида и олигосахаридов с ацетатом ртути, доказательный метод структуры известный по имени разложения по Земплэну. Далее дан обзор его деятельности по разделению, открытию структуры и синтезу естественных гликозидов, в первую очередь Флавоногликозидов, затем описано получение и превращение новых сахарных производных, так наз. сахарных формазонов.

В конце статьи представлены награждения Гезы Земплэна, полученные за его научные достижения, и дана краткая характеристика его общей человеческой и исследовательской личности, создающей школу.

SUMMARY

On the occasion of the centenary of the birth of Géza Zemplén, the academician and the professor, a reverential commemoration of his scientific course of life and the outstanding results of his work is given.

The results dated back to the three-year fellowship at the institute of E. Fischer, the Nobel prize winner, and later the foundation of the Faculty of Organic Chemistry at the Technical University of Budapest, of which he was the first professor, as well as his educational activities are reviewed.

Thereafter the article gives a short reference to the most important and the best known results being connected with his name, such as the Zemplén's saponification by Na-methylate, the glycoside and oligosaccharide syntheses by Hg-acetate method, the Zemplén's destruction as a structure evidence. This is followed by a brief survey on the results of his work that aimed at the separation of natural glycosides, mainly that of flavon-glycosides, and at the structure determination of them and their synthesis. The preparation and transformation of saccharose derivatives of new type, i. e. of saccharo-formazones, are also reported.

At last the recognition of his scientific work and his honours are mentioned, and a short description of his character, in general and as that of a scientist, is given.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Kisfaludy Lajos: Magy. Kém. Lapja 38 285 (1983)
- [2] Zemplén Géza—Pacsu Jenő: Az MTA Matematikai és Természettudományi Értesítője XLVII. 63–65. (1930)
- [3] Zemplén Géza: Az MTA Matematikai és Természettudományi Értesítője XLVIII. kötet 53–67. (1931) Másodközlés: Magyar Kémikusok Lapja: 38 526 (1983)
- [4] Zemplén Géza: MTA Matematikai és Természettudományi Értesítője LV. kötet 432–439. Másodközlés: Magyar Kémikusok Lapja: 38 522 (1938)
- [5] Zemplén Géza: Matematikai és Természettudományi Értesítő 43. kötet 111.1. (1926.) Másodközlés: Magyar Kémikusok Lapja: 38 539 (1983)

Kommentár Bognár Rezső akadémikus cikkéhez

1983-ban Zemplén Géza (1883–1956) születésének 100. évfordulóján a magyar szerves kémiai oktatás és kutatás megalapítójának életét és iskolateremtő munkásságát méltató cikk jelent meg a tanítványa, Bognár Rezső (1913–1990) tollából a Magyar Kémikusok Lapja XXXVIII. évfolyamának 12. számában. E két tudós életútja és nemzetközileg is elismert munkássága ma is példaképpül szolgál a fiatal kémikusok széles táborának, és jelentős hatást gyakorolt hazánkban folyó szerves kémia oktatás és a kutatás színvonalára.

Zemplén Géza tudományos pályája szorosan kapcsolódott a Nobel-díjas Emil Fischeréhez (1852–1919), akinek a munkássága a szénhidrátok, purinszármazékok, aminosavak, peptidek és zsírok kémiája területén koncentrált. Emil Fischer a kor legkiemelkedőbb kémikusa volt, akinek a 1902-ben elnyert Nobel-díja a második volt a Nobel-díjak sorában és első a szerves kémiában, ráadásul ezt a kitüntetést 50 éves korában kapta meg. Tudományos eredményeit a kor vezető folyóirataiban (közel 600) és 20 összefoglaló közleményben/előadásban közölte. Ma is megcsodáljuk, hogy – milyen magától értetődően – reagensként vonta be az enzimeket a szerves kémiába, ami a „kulcs-zár modell” felismeréséhez vezetett (1894!!), és az enantiomerek nagy optikai tisztaságú előállítását tette lehetővé.

Emil Fischer doktoranduszainak többsége a doktori cím megszerzése után a vegyiparban könnyen helyezkedett el, és számosan közülük jól fizetett vezető beosztású vegyészek, hivatalnokok vagy üzletemberek lettek. Munkatársainak (330) közel egyharmada, zömmel azok, akik posztdokként dolgoztak a világhírű tudós tanszékén, jó nevű egyetemeken vagy kutatóintézetekben csináltak tudományos karriert. Hat tanítványa, akik a Fischer-iskola tudományos eredményeire támaszkodva új területeit nyitották meg a kémiának, szintén Nobel-díjat kaptak. Emil Fischer „tudományos unokái” közül kilencen – közöttük Oláh György (1994) is – Nobel-díjat kaptak.

A Selmezbányai Bányászati és Erdészeti Főiskola adjunktusa, Zemplén Géza is ezen az utóbbi úton indult el. 1909 és 1912 között a Főiskola támogatásával elnyert állami ösztöndíjjal Emil Fischer intézetében, Berlinben dolgozott. Ebben az időben a berlini intézet volt a központja a szerves kémia rohamos fejlődésének. A világ minden részéről sereglettek ide a kutatók, hogy ellessék Fischer intézetének műhelytitkait.

Az I. világháborút követően a magyar vegyipar, de különösen a gyógyszeripar fejlődésnek indult, és jelentősen megnőtt a szakképzett vegyészmérnökök iránti igény. Talán ez is közrejátszott abban, hogy Bognár Rezső, a Szegedi Tudományegyetem másodéves vegyészhallgatója 1932-ben átiratkozott a budapesti József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi egyetemre, ahol 1936-ban vegyészmérnöki oklevelet szerzett. Ezt követően néhány hónapot a Hungaria Gumiárugyárban üzemmérnökként dolgozott. Az ifjú mérnök szorgalmát és tehetségét dicséri, hogy 1937 júliusában Zemplén Géza professzor magánalkalmazottnak hívta meg a Szerves Kémia Tanszékére, ahol kezdetben a nemzetközi hírű tudós „zsebből” fizette a bérét. Bognár Rezső a Zemplén-tanszéken eltöltött tizenhárom év alatt az oktatói munka minden lépcsőfokát végigjárta. 1938-ban tanársegéddé, 1940-ben adjunktussá nevezték ki, majd habilitációját követően egyetemi magántanár (1949) lett. Részt vett a vegyészmérnök-hallgatók elméleti és gyakorlati képzésében, valamint a tanszéken folyó ipari kutatómun-

kákban. Személyiségében és tevékenységében harmonikusan ötvöződött az újat kereső kutató és az alapkutatási eredményeket a gyakorlatba átültetni kívánó mérnök szemlélete. Ezt tanulta Zemplén professzortól, és ezt a szemléletet adta később továbbtanítványainak a Kossuth Lajos Tudományegyetemen (Debrecen). Tudományos munkássága ebben az időszakban elsősorban a szénhidrátkémia területén koncentrált, és elsősorban diszacharidok és flavonoid glikozidok szerkezetigazoló szintézisével foglalkozott.

A II. világháború alatt négyszer rövidebb-hosszabb időre katonai szolgálatra hívták be. Utolsó rendfokozata tartalékos mérnökzászlós volt. A budapesti front alatt mint katonaszökevény bujkált Budapesten. A felszabadulás után civilként került orosz fogságba. Némi furfanggal három és fél hónap után Ceglédre szabadult. Augusztus 1-ig Hódmezővásárhelyen, a családjánál volt, majd elfoglalta munkahelyét a Műegyetemen, ahol távollétében igazolták. Az ostrom alatt a Műegyetem épületei közül a Szent Gellért téri épület károsodott a legsúlyosabban. Annak érdekében, hogy a normális élet és az oktató-kutató munka a tanszéken mielőbb elkezdődjék, a fiatal Bognár Rezső lemondott éves rendes szabadságáról és angolai UNESCO-ösztöndíjáról. Bognár Rezső demokratikus gondolkodású baloldali érzelmű ember volt. Erre utal, hogy 1945-ben belépett a Szociáldemokrata Pártba (SZDP). Párttagságát az MKP-val történt pártegyesítés után megtartotta 1956-ig.

Az 1948-as esztendő Zemplén Géza professzor és tanítványa, Bognár Rezső számára jelentős elismerést hozott. Ebben az évben osztották ki a háború után első alkalommal a legmagasabb elismerést jelentő Kossuth-díjakat. Zemplén Gézát a díj arany-, Bognár Rezsőt a díj ezüstfokozatával tüntették ki. A Magyar Tudományos Akadémia Bognár Rezsőt pedig még ebben az évben levelező tagjául választotta. 1950 szeptember 1-től a KLTE Szerves Kémiai Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanárává nevezték ki, noha minden esélye megvolt, hogy Zemplén Géza utódja legyen a Műegyetemen.

Többen megkérdezték tőle, hogy miért Debrecenre választotta. Így felelt: „Budapesten a kollegáim között én mindig Rezgő maradtam volna, Debrecenben pedig rögtön Bognár professzor úr lettem.” Debrecenbe kerülve Bognár professzor úr a „Zemplén-iskola” kutatási területét az alkaloidok és az antibiotikumok kémiájának tanulmányozásával jelentősen kiszélesítette. Ezzel ugyanis elérte, hogy a régióban elhelyezkedő gyógyszergyárak, a Tiszavasvári Alkaloida és a debreceni Biogal a tanszéken folyó kutatások fő támogatója lett.

Bognár professzor úr nagy munkabírású és jó humorérzékű ember volt. Oktató-kutató munkája mellett jelentős tudománysszervezői és közéleti tevékenységet végzett. (Többek között a KLTE rektora, országgyűlési képviselő, a TIT országos elnöke, a Hazafias Népfrent Országos Tanácsának elnökhelyettese, majd elnökségi tagja, az Elnöki Tanács tagja volt egy-egy időszakban.)

Humorérzékét az alábbi anekdota példázza: Az egyik május 1-i ünnepségen a kedvenc kutyája által elnyert érmet is kitűzte kabátjára. A mellette ülő kolléga tágra nyílt szemmel vizsgálta és végül megkérdezte: „Rezső, ezt a szép érmet miért kaptad?” Mire ő mosolyogva így válaszolt: „Ilyen jelvényt csak igazán nagy kutáknak adnak.”

Antus Sándor



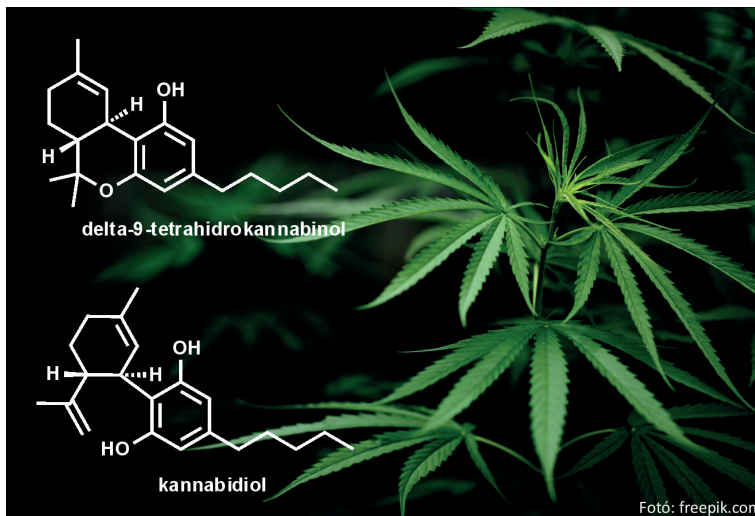
Igen is és nem is. És mindez nem szubjektív vélemény, hanem jogszabályokon alapuló álláspont, mégpedig az Európai Unióé. Miért lényeges mindez? Hát azért, mert egyáltalán nem mindegy, mit eszünk, ugyanis a naponta rendszeresen elfogyasztott táplálék alapvetően befolyásolhatja egészségi állapotunk alakulását. Az élelmiszerbiztonság, az egészséges élelmiszerek előnyben részesítése, az egészségtelenek háttérbe szorítása jogalkotói feladat is. S bár ennek a feladatnak a jogszabályok írói és alkalmazói nem mindig tudnak megfelelni, ettől még elvárás lehet, hogy az aktuális tudásunknak megfelelően az említett célokat szolgálják a törvények.

Az élelmiszerek speciális csoportját képezik azok a termékek, amelyek nem tartoznak a klasszikus élelmiszerek (pl. kenyér, szalonna, hagyma) közé. Az innovatív cégek újszerű termékekkel próbálják felhívni a fogyasztók figyelmét, miközben a határokat feszegetik: olyan anyagokat próbálnak élelmiszerként forgalomba hozni, amelyek korábban nem voltak feltétlenül azok. Miért gond ez? Mindössze azért, mert míg a csiperkegomba, a házikolbász és a mentatea fogyasztásának előnyeit, veszélyeit ismerjük, ez nem feltétlenül igaz például a *Xanthoparmelia scabrosa* nevű zuzmóra. A mentateát régóta nagyon sok ember fogyasztja, kémiai összetétele, összetevőinek hatása ismert, az említett zuzmó esetén ez a tudás nagyon csekély. Persze lehet, hogy fogyasztása biztonságos és előnyös is, de ezt még nem tudhatjuk. Ezt előbb igazolni kell különféle vizsgálatokkal, és ha ezek pozitív eredménnyel zárulnak, akkor – elméletileg – ez a zuzmó is élelmiszerré válhat.

Az ilyen, élelmiszerként kevésbé ismert, de ezzel a céllal piacra hozni akart anyagok az ún. új élelmiszerek. Ez a jogi fogalom az *olyan élelmiszereket jelenti, amelyek fogyasztásának nincs hagyománya az Európai Unióban* (a jogszabály szerint 1997 előtt ezeket nem fogyasztották jelentős mennyiségben), vagy korábban nem alkalmazott eljárással állítottak elő. Ezek fogyasztása az élelmiszer újszerűségéből adódóan élelmiszer-biztonsági kockázatokat vethet fel. Az ilyen új élelmiszereket *csak engedélyeztetés után lehet forgalomba hozni* az EU-ban. Az engedélyeztetés lényege, hogy a hatóságokat meg kell győzni: a termék élelmiszerként fogyasztva biztonságos. Az, hogy mi számít új élelmiszernek, és ha annak számít, született-e vele kapcsolatban pozitív döntés, az Európai Bizottság új élelmiszer katalógusában ellenőrizhető.

Új élelmiszer például egy korábban hagyományosan nem fogyasztott növény, a *parlagfű* is. Az Európai Bizottság leszögezi, ami egyébként tény: ez a növény nem hagyományosan fogyasztott élelmiszer, ilyen célra csak akkor kerülhet forgalomba, ha biztonságosságát igazolják. Ez a mai napig nem történt meg, ennélfogva a parlagfű élelmiszerként (beleértve az étrend-kiegészítőket is) való forgalmazása illegális, törvénybe ütköző. De új élelmiszerek számíthatnak már ismert és élelmiszerként is alkalmazott gyógy- és fűszernövények speciális kivonatai is, például a szuperkritikus extraktumok is, mivel ezek összetétele gyökeresen eltérhet a konvencionális vizes-alkoholos kivonatokétól.

Részben hasonló a helyzet a kenderrel: nincs hagyománya annak, hogy a kender gyökerét, szárát, levelét élelmiszerként fogyasztjuk. A kenderévés biztonságossága jelenleg nem alátámasztott, ezért a kender (*Cannabis sativa*) nem engedélyezett új élelmiszer. Élelmiszerként való terjesztése illegális. A kender egyébként a kábítószer törvény tilalma alá is tartozik, kivéve a magot, mivel az elenyésző mennyiségben tartalmazza a növény pszichoaktív anyagát, a Δ^9 -tetrahidro-kannabinolt (THC). Élelmiszerként is érvényes ugyanez a kivétel: a kender magja (valamint a magból készült olaj vagy liszt) régóta fogyasztott élelmiszer, így annak



biztonságossága ismert. Ennek megfelelően minden termék legális, amely a magból készült, és egy megadott limit alatt tartalmazza a THC-t. És ennek megfelelően *minden termék illegális, amely nem a magból készült*. A ma oly divatos kenderolajok zöme valójában nem a magból sajtolt olaj, hanem a föld feletti rész (gyakran szuperkritikus) kivonata valamilyen olajban visszaoldva. Ezek illegálisak.

És hogy miért nem a magból sajtolt olaj olyan hallatlanul népszerű manapság? Hát azért, mert a kendermag olaja, bár kedvező zsírsav-összetételű, nem tartalmazza azt a molekulát, amelyről sokan gyógyulást várnak különféle betegségeikre: a kannabidiolt (CBD). Kannabidiol nagyobb mennyiségben a növény szárában, levelében van, a magban nincs. Ezért csábul el oly sok gyártó, s hoz forgalomba a jelenlegi jogi szabályozással inkompatibilis terméket. Persze lehet, hogy idővel igazolják a kannabidiolban dús „kenderolaj” (valójában: a föld feletti rész kivonatának olajos oldata) biztonságosságát, és az legálisan kerülhet forgalomba élelmiszerként, étrend-kiegészítőként, jelenleg azonban még nem ez a helyzet – függetlenül attól, hogy egyébként mit gondolunk a kender vagy a kannabidiol hasznosságáról.

Csupor Dezső



Braun Tibor

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

Lombikból az étkezőasztalra

Sejtenyésztett hús állati hús helyettesítésére

Előszó

Az ENSZ Nemzetközi Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) úgy találja, hogy amennyiben nem történnek intézkedések a haszonállat-tenyésztés és a hústermelés további növekedésének mérséklésére, az előre jóslott hústermelés 465 millió tonnára növekszik 2050-re [1].

Már eleve nem látszott könnyű feladatnak röviden összefoglalni azokat az eredményeket, amelyeket eddig jelen témánkban publikáltak. Mi itt azokat szeretnénk röviden bemutatni, amelyek jelen pillanatban a világon a számos tenyészállat húsnak helyettesítésére hasonló étkezési tulajdonságokkal rendelkező sejtenyésztett hús előállításával foglalkoznak. Erre a folyamatra az angol nyelv számos kifejezést hozott létre és használ. A címben említett sejtenyésztett húst egyaránt nevezik *in vitro*, hamis (fake), szintetikus (synthetic), utánzott (mock), sejtenyésztett (cell cultured), lombik (flask), laboratóriumban növesztett (lab-grown), kémcsőben létrehozott (test-tube), áldozatmentes (victimless) húsnak is. Nem szükséges túlságosan dús fantázia ahhoz, hogy a mögöttük felhalmozott szakirodalom tengernyi méretére következtetni lehessen. Ennek értelmében témánkat mindenképpen szűkíteni kell azzal, hogy a bemutatást dióhéjba illő méretűre zsugorítsuk, illetve alátámasztására a legmegfelelőbb ábraanyaggal egészítsük ki. Már a legelején meg kell említenünk, hogy az állati húspótlást növényi alapanyagok felhasználásával is megkísérelték, mondhatnánk úgy, hogy vegetáriánus módon, de mi itt ezzel nem foglalkozunk.

Figyelmünk tárgya kizárólag az állati sejtekből létrehozandó sejtenyésztett (*in vitro*) hús rövid összefoglalása [2–6].

Bevezetés

Az állati hús előállítása, mint utaltunk rá, fenntarthatatlan nyomást helyez a környezetre. Hatalmas víz- és földigénye miatt sokan úgy tartják, fenntarthatatlan a hústermelés a világon, miközben ennek dacára globálisan nő az állati hús iránti kereslet. Csak példaként említjük, hogy az élőállat húselőállítása 18%-kal járul hozzá az üvegházhatás következtében a légkörbe jutó gázok létrejöttéhez. Ez önmagában nagyobb, mint amit a világ úthálózatán közlekedő járművek okoznak. A népséget általában biztatják arra, hogy az időjárás és a klíma rendben tartására korlátozzák a gépkocsik használatát. Az viszont nagyon valószínűtlen, hogy hasonló célból kérjék a húsfogyasztás csökkentését is. Számos más okból a következtetés világos: az emberiség nem lesz képes a jelenlegi magas állati húsfogyasztás folytatására.

Ennek a kérdésnek a feloldására a megfelelő választ a sejtenyésztett hús előállítása jelenti. Ezen az úton a sejtenyésztett hús folyamatos ipari méretű előállítása helyettesítené a mezőgazdasági előállítást vagy annak egy részét. Ez a gondolat már meglehetősen régen megszületett a múltban. 1894-ben a neves francia vegyész, *Marcelin Berthelot* felvetette, illetve előre látni vélte, hogy 2000-ben a népség az élő állatok helyett inkább laboratóriumban előállított tenyésztett húst eszik majd. Nem sokkal azután egy német szerző, *Velatus* álnéven (valódi neve *Kund Lasswitz*) *Auf zwei Planeten* című, 1897-ben írt sci-fi regényében említést tett a Marsról érkezett Földre szállókról, akik számos újdonságot hoztak magukkal, a mesterséges élelmiszereket beleértve [7]. Ezek egyike a sejtenyésztett állathús volt. Említésre érdemes még *Alexis Carrel* kísérlete 1912-ben [8], akinek sikerült csirkeszívizmot életben tartani és

dobogtatni Petri-csészében ezzel bizonyítva, hogy izomszövetet testen kívül is működtetni lehet, amennyiben megfelelő tápanyaggal látják el.

A fenti ötletek nem kerültek további említésre egészen 1930-ig, amikor *Frederik Edwin Smith*, Birkenhead első Earlje „Élet 2030-ban” címmel a *Strand* nevű magazinban leírta látomását, miszerint: „Nem lesz a továbbiakban szükség arra az extravagánsan hosszú tenyészidőre egy szarvasmarha esetében ahhoz, hogy a steakje elfogyasztható legyen. Megfelelő kiválasztású és puhaságú steakből növesztetni lehet majd annyi szaftos steaket, mint amennyire szükség lesz” [9]. 1932-ben *Thoughts and Adventures* című esszégyűjteményében *Winston Churchill* leírta [10], hogy „We shall escape the absurdity of growing the whole chicken in order to eat the breast or wing, by growing these parts separately under a suitable medium”. Ezt követően *Willem van Eelen* 1940-ben laboratóriumban kísérletezett sejtenyésztett hús létrehozásával, ezért sokan őt tartják a *lombikhús* keresztapjának [11].

Annak ellenére, hogy az említett példák bizonyos mértékben még ma is tudományos fantasztikumnak hangzanak, az utóbbi 15–20 év során egyre gyakrabban olvasni olyan eredményekről, amelyek a sejtenyésztett húsról számolnak be kutatási vagy fejlesztési szinten.

Mindezekhez hozzá kell tenni, hogy az állati jogok harcosai és a környezetvédők már az elejétől kezdve rokonszenveztek a sejtenyésztett hús ötletével. A táplálkozástudományi szakemberek két táborra oszlanak a sejtenyésztett hús kérdésében. Vannak, akik úgy vélik, hogy laboratóriumi körülmények között jól szabályozható lenne a hús fehérje- és zsírtartalma, így pontosabban lehetne összeállítani a különböző céloknak megfelelő étrendeket. Az



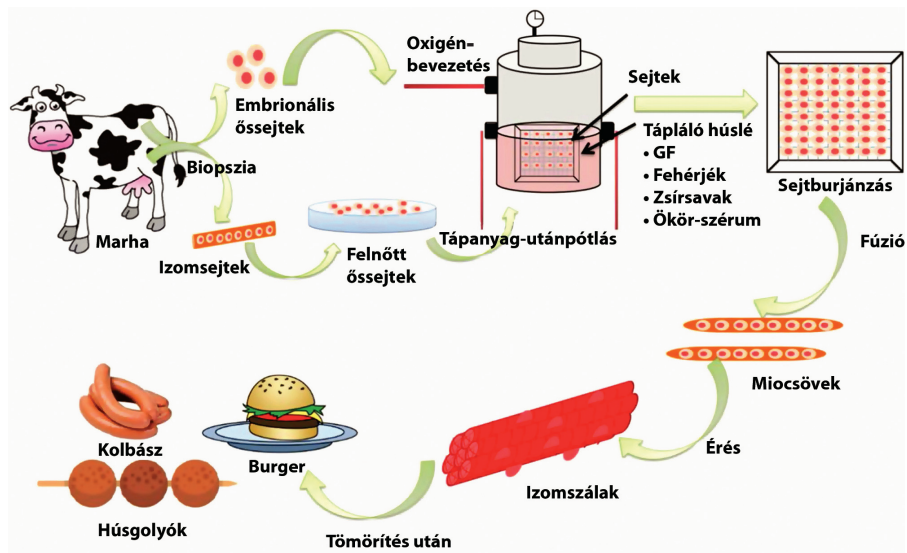
ellentábor viszont amiatt aggódik, hogy mégiscsak mesterségesen előállított élelmiszerről van szó, így nem látható előre, hogy tömeges előállítása milyen hatással lesz az emberi szervezetre. Másrészt viszont az állatvédők szerint jobb hely lenne a Föld, ha a vágóhidakon nem ölnének milliárdszámra élő teremtményeket, és az étkezésünkhöz szükséges húst inkább mesterségesen állítanánk elő. Itt kell említeni, hogy a PETA (People for the Ethical Treatment of Animals) elnevezésű amerikai állatvédő szervezet [12], amely egyébként az ilyen szervezetek legnagyobbika a világon, nemrég 1 millió dolláros díjat ajánlott fel a sejtenyésztett hús előállítására – annak a kutatónak, aki elsőként dolgozza ki a laboratóriumi sejtenyésztett hús előállítási eljárását.

A tenyésztett hús témájában a médiában időnként vegyes, néha megtévesztő beszámolók jelennek meg. Ilyenkor más médiumok felkapják a hírt, és vagy úgy állítják be, mintha a mesterséges hús közeli megvalósítás alatt állna, vagy ennek az ellenkezőjét írják: olyan távoli időpontra jósolják a megvalósíthatóságát, hogy a hír ellenőrzése valószínűtlen vagy egyenesen lehetetlen.

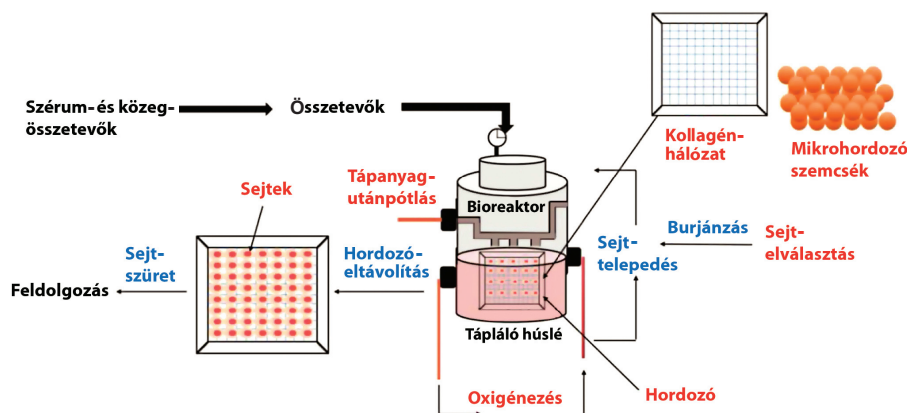
Állati sejttípusok

Az őssejtekből tenyésztett hús előállításához a kutatók tübiopsziával sejtmintát vesznek valamely állatból ahhoz, hogy a sejteket laboratóriumban (in vitro) szaporítsák (1–2. ábra). A szaporításhoz használt sejtek lehetnek embrionális őssejtek vagy teljesen kifejlett izomsejtek. Bár az embrionális őssejtek szaporodnak a leggyorsabban, nehezen választathatók el és alakíthatók át más jellegzetes sejttípusokká. Másrészt a teljesen kifejldött izomsejtek már a kívánt sejttípusok formájában vannak, de ezek alig szaporodnak. Ezért a jelenleg folyó kutatások változni tudó, úgynevezett szatellit-sejteket használnak, mert ezek elfogadható szaporodást mutatnak.

Miért bizonyult a műhús előállítását célzó kutatás olyan lassúnak, miközben a nem ehető hússal kapcsolatos sejtnövekedés kutatása számos sikert hozott? Ennek alapvető oka az ehető hús meglehetősen bonyolult szerkezete. Annak ellenére, hogy a húst harántcsíktól izmokból állónak tekintik, az lényegében egymással összefüggő és bonyolult szövetfajtákból tevődik össze. A harántcsíktól izom együtt létezik a kötőszövettel, ami önmaga fibrociták, őssejtek, inak, idegszálak, nyirok-, véredények és más sejtfajták összetett együttese.



1. ábra. Marhából biopsziával vett sejtek tenyésztése [16]



2. ábra. Sertésből biopsziával vett sejtek tenyésztése [16]

Ételkezési szempontból nemcsak ezek a szövetek különböznek szerkezetileg egymástól, hanem a harántcsíktól izom maga aránylag ízetlen. Az ehető állati steak lényegében a „márványozástól” függ, azaz a zsírsavak eloszlásától, és a zsír, ami a leginkább hozzájárul a sült hús ízéhez. A zsír hiánya ízetlen, gusztustalan terméket eredményez.

A tömegesen előállított állati sejtek létrehozásának lehetőségét tárgyaló publikációk általában egyetlen sejttípus tenyésztésével foglalkoznak. Ez sajnos nem járható út a használható mesterséges hústermék előállítására. Meg kell említeni, hogy a kutatásokhoz széles skálájú tápanyagrendszerek is szükségesek. Eredményként publikálták, hogy a cianobaktériumok a legmegfelelőbb jelöltek ehhez, mivel összetételük a száraz anyag körülbelül 70%-át teszi ki, és növesztésük bioreaktorokban aránylag egyszerű. A bioreaktorok lehetővé teszik tiszta állati sejtenyészteteket nagy mennyiségű előállítását. Újabb kutatások azt is

kimutatták, hogy sejtenyésztett húsokat olyan termékekhez, mint kolbászok, burgerek vagy húsgombócok, amikhez darált húst használnak, könnyebb előállítani [3]. Strukturáltabb szerkezetű tenyésztett hús, például a steak előállítása nagyobb kihívást jelent. Egy steak izomszövetből áll, amiben az élő állatokban a nagyon keskeny és hosszú kapillárisok közvetlenül a sejt-hez szállítják a vért és a tápanyagokat [13]. Az ilyen bonyolult rendszer in vitro felépítése sokkal nehezebb, mint sejtekből összerakni a sejtgombócokat, amelyek nagyobb sejtgombócokká nőnek, és így in vitro csirkegombócoknak tekinthetők.

Gyakorlati sejtenyésztés

A legfontosabb kihívások, amelyeken felül kell kerekedni az állati sejtenyésztett hús esetében, az íz, a textúra, az egészség és a gazdaság. A végső cél az izomsejtekből tenyésztett hús esetében az, hogy a sejteket olyan közismert tenyésztett állatok sejtje-



iből vegyük, mint például a sertések, szarvasmarhák, juhok, csirkék vagy pulykák. Az 1990-es évek végén felfedezték, hogy eukariotikus sejtszövetek az állaton kívül is több napig életben tarthatók langyos fiziológiás sóoldatban [14]. Továbbra is vita tárgyát képezi, hogy melyek azok a sejtípusok, amelyek a sejtenyészett hús előállítására leginkább használhatók. Az őssejtek, a teljesen meghatározott izomsejtek vagy más sejtek képezik a szaporítható sejteket. A differenciálódott sejtek korlátozott szaporodási kapacitást mutatnak. A teljesen kialakult izomsejtek nehezen szaporodnak általában, ezért használhatatlanok tenyésztett hús in-vitro szaporítására. Az őssejtek több kétszereződési ideig is differenciálatlan állapotban maradhatnak, miközben megtarthatják azt a képességüket, hogy legalább egy specifikus sejtípussá differenciálódjanak és gyorsan szaporodjanak. Kérdés az is, hogy az őssejtek embrionális totipotens vagy felnőtt őssejtekre oszthatók-e. A jelenlegi tudás szerint ez utóbbiak szükségesek a szövetek regenerálására és javítására, de nem rendelkeznek korlátlan in vitro sejtburjánzási kapacitással. Ezzel ellentétben az embrionális őssejt esetében felnőtt szaporodó őssejteket készítettek sertésekből és szarvasmarhákból, miközben embrionális őssejtek csak emberekből, rhesus majmokból, egerekből és patkányokból származhatnak [3]. Egyes kutatók iPS (induced pluripotent stem) sejteket említene – mint lehetséges kezdősejteket – tenyésztett hús előállítására. Ezek differenciálódott sejtek, amelyeket embrionális sejtyszerű állapotba programoztak át.

Közegek őssejt tenyésztésére

E törekvés célja olyan közeg előállítása, amiben a sejtek növekedhetnek, gazdaságosan és állati alkotóelemektől (például szérum) függetlenül. Az őssejt növesztésére fontos, hogy a sejtek elkülönítetlenül maradjanak és megtartsák szaporodási tulajdonságukat. Embertől és egértől származó őssejteket gyakran tápláló sejtrétegeken kell növeszteni, miközben a felnőtt őssejtek növekedése kevésbé függ ilyen tápláló rétegektől. Ezeknek a közegeknek sokat és ásványokat, glükózt, aminosavakat, zsírsavakat és vitaminokat kell tartalmazniuk. Különös figyelmet kell fordítani az alapvető aminosavak jelenlétére [3]. A folyamat sterilizálása elkerülhetetlen, mivel a baktériumok, gombák és élesztők is jól növekednek az ilyen közegekben.

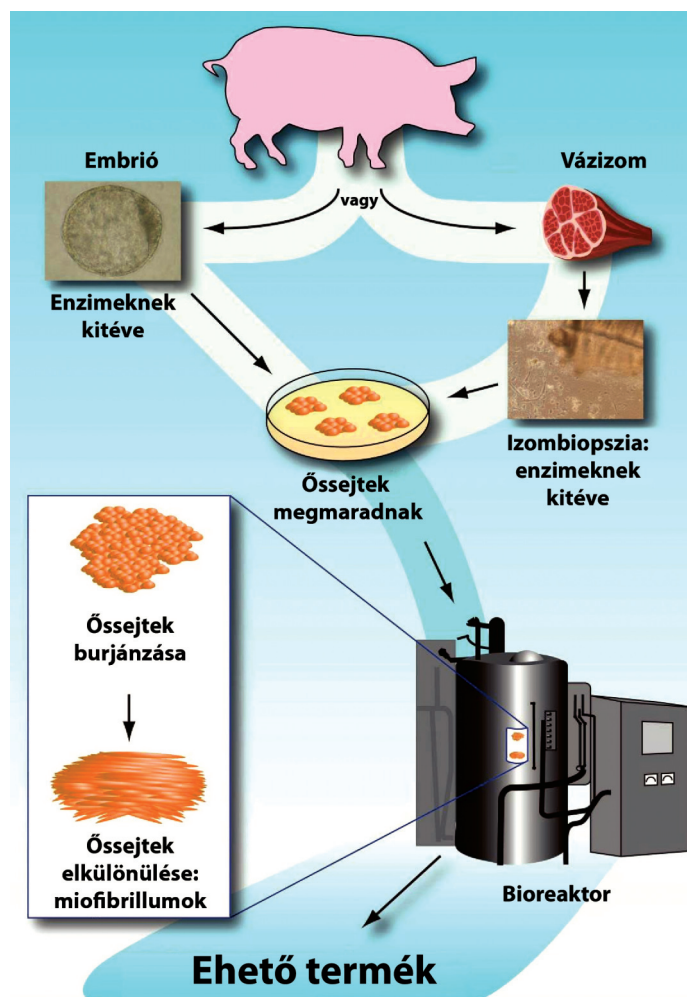
Sejtdifferenciálódás

Hasonlóan az őssejt-termeléshez szükséges közegekhez, az izomsejtek előállításához a közegek lehetővé kell tegyék az izomsejt jellegzetes és szükséges differenciálódását. Mivel a tenyésztett húsnak nincsenek meg azok az emésztési szervei, amelyek élőlények esetében megvannak és amelyek a táplálékot a sejtek ellátására biztosítják, a közegnek képesnek kell lennie a sejtek által igényelt közegek közvetlen táplálására. Egy élő tenyésztett állati sejt elemi összetétele: szén (C), hidrogén (H), oxigén (O), nitrogén (N), kén (S) és foszfor (P), valamint ásványok, például kálium (K) és magnézium (Mg), ezért ezeket az elemeket tartalmaznia kell az in vitro közegeknek. A közegeknek menteseknek kell lenniük bizonyos összetevőktől, például borjúsérum nem használható tenyésztett húshoz. Azonban a marhasérum igen, mivel az tartalmazza a sejtenyészteshez szükséges növekedési faktorokat. Hátránya, hogy nagyon költséges, és a sérumot tartalmazó közeg összetétele nem határozható meg pontosan. Ezért a tenyésztett húshoz használt közegeknek költséghatékonyak kell lenniük. E célra a legolcsóbb és

legnyilvánvalóbb megoldást a növényekből kivont sejtek képezik, részben a tisztított növekedési faktorokkal együtt.

Az izomszálak szövetépítése, szilárd felületek, ehető hordozók

Számos emlőssejt-típus kedveli, ha szilárd felületre rögzíthető. Annak érdekében, hogy háromdimenziós in vitro hús készüljön, szilárd felületek, hordozók (scaffold) alkalmazása szükséges. A legkedvezőbb az, ha a hordozó ehető, mert akkor nem szükséges eltávolítani a végtermékből. Miután a felépített tenyésztett hússzövet főleg a termelés első fázisában nem tartalmaz véredényeket, eleinte csak vékony (maximum 1 mm) sejtrétegek előállítása lehetséges a tápanyag korlátozott diffúziója miatt. A komplex háromdimenziós hordozók megfelelő felületet nyújtanak. Annak érdekében, hogy azt a nyújtást helyettesítsék, amit egy élőlény hoz létre, olyan hordozó alkalmazásával próbálkoznak, ami periodikusan változtatja alakját, ezáltal mozgatva a sejteket. Ez alginátból, kitózánból vagy nem állati forrásokból származó kollagénből előállított, stimuláló hatásokra érzékeny hordozóval oldható meg



3. ábra. Sertésből biopsziával vett sejtek tenyésztése korszerűbb bioreaktorral [14]



[15]. Ezáltal a hordozó periodikusan nyúlik a hőmérséklet vagy a pH kis változásának hatására. A sejtek ezenfelül rátapadhatnak egy membránra vagy apró szemcsékre, amelyek egymásra halmozódhatnak.

Összefoglalásunk befejezéseként ugyan csak röviden ismertetjük azokat a berendezéseket, amelyekben a fentebb vázolt és leírt alapanyagok összehozhatók és amelyekben a sejtenyésztés megkapja azokat a közegeket, körülményeket, amelyekben az ellenőrzött sejtnövekedés lezajlik.

Bioreaktorok

A bioreaktorok, mint fentebb említettük, azok a sejtenyésztő edényszerkezetek, amelyekbe minden együtt kerül, a sejtek, a tenyésztőközeg és a hordozó. A bioreaktor-nak el kell látnia a tápanyag-hozzáadást, a levegőztetést, a szennyeltávolítást, a higiéniát, a sejtkitermelést és a folyamat ellenőrzését. A sejtenyésztett hús előállítására alkalmas bioreaktorok méretezését megfelelőre kell tervezni. A hőmérséklet változtatásával olyan környezetet teremtenek, amelynek hasonlítani kell az izomsejtek olyan edzéséhez, amilyenre például egy fitness-teremben kerül sor. A mechanikai ösztönzéshez elektromágneses nehézkedési és folyadékáramlásokat vesznek igénybe a mioblasztok szaporodásánál és differenciálódásánál. A tenyésztett hús összetétele kis és nagy izomszálakból, kötőszövetekből áll, és ezek hordozójaként kollagént, elasztint, valamint zsírsavakat vesznek igénybe. Ez utóbbiak jelentősen hozzájárulnak a végtermék ízéhez. Általában a sejtenyészteteket in vitro monokultúráként növesztik, és ez különbözik a tenyésztett állatok vázizmaiktól, amelyek izomsejtekből, idegsejtekből, véredényekből és számos más összetevőből állnak.

A mesterséges hús jelene, közép- és hosszú távú jövője

Jelen és rövid távon

- A tenyésztett állatfajták összeállításának kutatása (sertés és szarvasmarha)

- A vázizom fejlesztésének kutatása
- A tápközegek fejlesztésének kutatása
- A sejtenyésztett hús fenntarthatóságának kutatása
- Megfelelő vizsgálatok az ár-hatás tanulmányozására
- Az új termék megítélésére/bevezetésére végzett kutatás
- A tenyésztett sejtek interdiszciplináris kutatása

Középtávon

- Bioreaktorok tervezése
- Az ár-hatás újraszámítása
- A fenntarthatóság újraszámítása
- Marketingstratégiák tervezése
- Vállalatok létrehozása sejtenyésztett hús előállítására

Hosszú távon

- A bioreaktorok méretnövelése
- A terméktervezés teljesítménynövelése
- A forgalmazható termék árusításának bevezetése

Utószó

A sejtenyésztett hús technológiájának bevezetése nagy lehetőséget jelent az üvegházgáz-kibocsátás visszaszorítására, hatalmas, gazdálkodástól elvett területeket adhatnának vissza a természetnek, drasztikusan csökkenthető lenne az állattartáshoz felhasznált víz- és energiamennyiség és felszámolhatók lennének a nagyüzemi módszerek (vágóhidak) kegyetlen körülményei. Ezzel szemben az ellenzők természetesen kijelenthetik, hogy a szintetikus hús „természetellenes”, de ennek dacára a fejlődés érdekében érdemes végiggondolni az előnyöket, mielőtt a kifogások megfogalmazódnak.

Függelék

Annak ellenére, hogy mint az írás több helyén is említettük, az állati sejtekből tenyésztett húsook nem kerültek eddig kereskedelmi forgalmazásra, illetve mindennapi fogyasztásra sehol a világon, megemlítnék egy példát, ami ennek ellentmond. Ugyan-

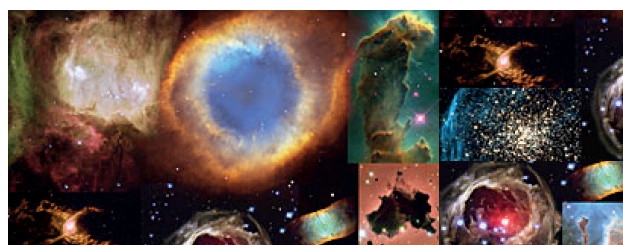


4. ábra. Cellular seasonings nevű, sejtenyésztett hús porításából készített ízesítő [17]

is az Egyesült Államokbeli The Future Market nevű cég nemrég forgalmazni kezdett egy Cellular Seasonings című terméket (4. ábra), amiről azt írják, hogy 3 ízben (csirkehús, marhahús, sertéshús) 100 %-ban az FDA (Federal Drug Administration) és az USDA (United States Drug Administration) hatóság szabályainak megfelelő sejtenyésztett húsból bioreaktorban előállított szárított izomcsíkok, valamint gyógyfűvek és fűszerek együtt darált porából áll, ami különböző élelmiszerek ízesítésére kiválóan alkalmazható [17].

IRODALOM

- [1] M. Schlatter, Tierproduktion und Klimawandel. Wien, LIT Verlag, 2010.
- [2] M. A. Benjaminson, J. A. Gilchrist, Acta Astronautica (2002) 51, 879.
- [3] I. Datar, M. Detti, Innovative Food Science and Emerging Technologies (2010) 11, 13.
- [4] P. E. Edelman, D. C. McFarland, V. A. Mironov, J. G. Matheny, Tissue Engineering (2005) 11, 659.
- [5] J. A. Foley, N. Ramankutty, Nature (2011) 478, 337.
- [6] B. A. Roelen, S. M. Lopes, Current Medicinal Chemistry (2008) 15, 1249.
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Kurd_Lasswitz
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Alexis_Carrel
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/F._E._Smith,_1st_Earl_of_Birkenhead
- [10] <https://www.goodreads.com/book/show/6497601-thoughts-and-adventures>
- [11] <https://patents.google.com/patent/US7270829B2/en>
- [12] PETA: <https://www.peta.org/>
- [13] Z. G. Denis, in: F. Gulian, Functional Tissue Engineering. Springer, New York, 2003.
- [14] H. P. Haagsma, K. J. Hellingwerf, B. A. J. Roelen, Production of animal proteins by cell systems desk study on cultured meat („kweekvlees”). Universiteit Utrecht, Fakulteit Diergeneeskunde, 2009.
- [15] V. V. Mironov, T. T. rusk, Biofabrication (2009) 1, 1.
- [16] M. Gaythane, U. Mahanta, C. S. Sharma, Biomanufacturing Rev. (2018) 3, 1.
- [17] <http://the-futuremarket.com/cellularseasonings>



Harminc éve működik a Hubble-űrtávcső

1,3 millió felvétel körülbelül 50 000 csillagászati célpontból, valamint sok milliárdnyi csillagról és pontszerűnek tűnő távoli galaxisról végzett fényességmérés – ez a Hubble-űrtávcső harmincéves működésének számszerűsíthető eredménye. A leghosszabb ideje működő űrteleszkópoknak a kozmosz kutatásában betöltött szerepéről olvashatjuk Szabados László cikkét az mta.hu-n.

Ziegler Ildikó¹ – Mohammed S. Orsolya²

¹ Richter Gedeon Nyrt. Validálási Osztály

² Dobó Katalin Gimnázium | mohazihu@yahoo.com

Psyche: a NASA Discovery-program 14. missziója

Néhány kérdés elemösszetételéről és úrbányászatról



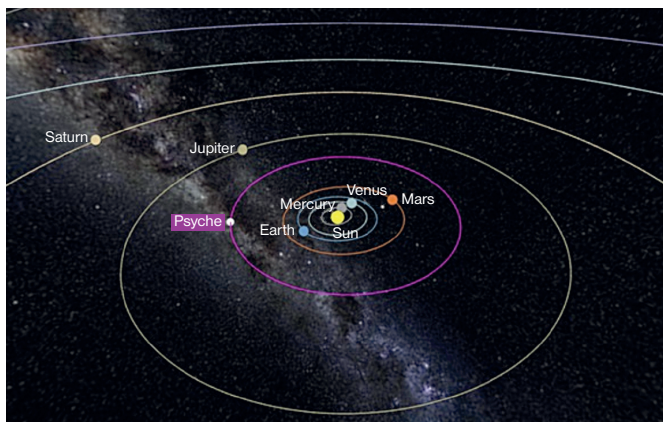
A Psyche
űrszonda modellje

Az embereket már a régmúltban is foglalkoztatta a világűr, az utóbbi fél évszázadban pedig számtalan izgalmas, űrben játszódó történet született, amelyek, természetesen, magasan fejlett technológiai megoldásokat is működtőnek képzelnek el. Bármelyik ötlet megvalósításához hosszú kutató-fejlesztő munkára lesz még szükség. Ennek lehet egyik állomása a bolygók fém-magjának jobb megértése [1].

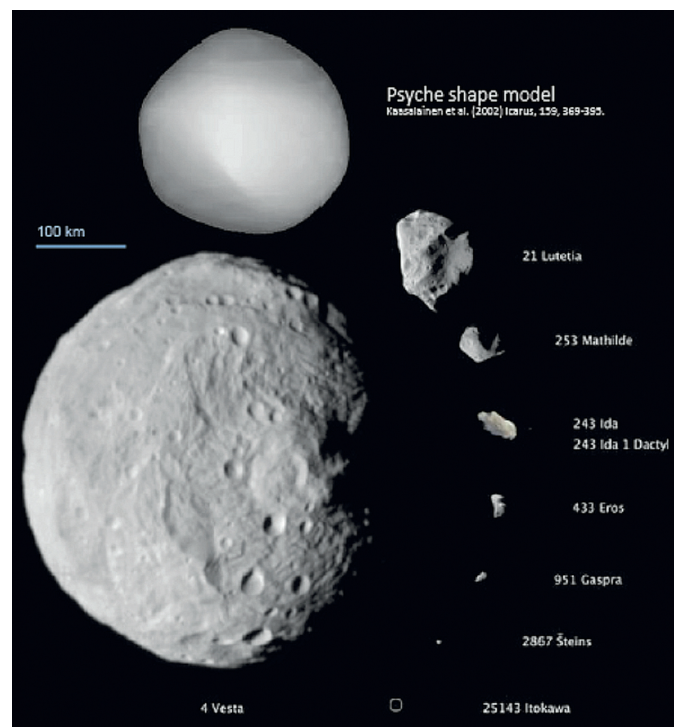
A köves jeges felszínű égitestek belsejében vasmag található, amit nincs lehetőségünk közvetlenül tanulmányozni. A Psyche aszteroida azért különleges, mert főként vasból és nikkelből áll. Az ilyen típusú aszteroidák közt a legnagyobb a maga ~225 km-es átmérőjével. Feltételezik, hogy egy korai bolygó magjából származik, ütközések révén veszítette el külső kőzetrétegeit. Ha ez igazolódna, az aszteroida tanulmányozásával többet tudnánk meg a Naprendszer korai történetéről, amikor még a kőzetbolygókat létrehozó heves ütközések időszaka zajlott [2].

Éppen ezért a NASA – hosszas mérlegelés után – missziót indított 2017 januárjában a Psyche tanulmányozására, amely a Nap körül kering, a Mars és a Jupiter között (1., 2. ábra). A misszió tudományos célja [2, 3]: 1) megismerni a bolygóképződés korában még nem vizsgált építőelemeit: vasmagokat, 2) ilyen módon megismerni a földi bolygók belsejét, közvetlenül vizsgálva a test rétegeit, 3) első alkalommal vizsgálni meg azt a világot, amely nem kőből és jégből, hanem fémből áll.

1. ábra. A Psyche elhelyezkedése 2019. szeptember 19-én, délben [4]



Mindezek tanulmányozásához többféle tudományos berendezés található majd az űrszondán. Magnetométerrel detektálják és mérik az aszteroida megmaradt mágneses terét. Multispektrális képalkotó berendezés segítségével (különböző szűrőkkel) készítenek nagy felbontású felvételeket, hogy megkülönböztessék a Psyche fémes és szilikátos elemeit. Ez kiegészül gamma- és neutron-spektrométerrel is, hogy meghatározzák az aszteroida elem-



2. ábra. A Psyche relatív mérete és alakja néhány más közismert aszteroidával összehasonlítva [6, 7]

összetételét (Fe, Ni, Si és K) és az összetétel heterogenitását. Nagy pontosságú X sávú gravitációs tudományos vizsgálatot végeznek még a pályák pontosabb megismerésére. Valamint tesztelni fognak egy újfajta lézeres kommunikációs technológiát, a *Deep Space Optical Communication*-t. Ez utóbbi lényege, hogy az adatokat fotonokkal (nem pedig rádióhullámokkal) kódolják [2, 3].

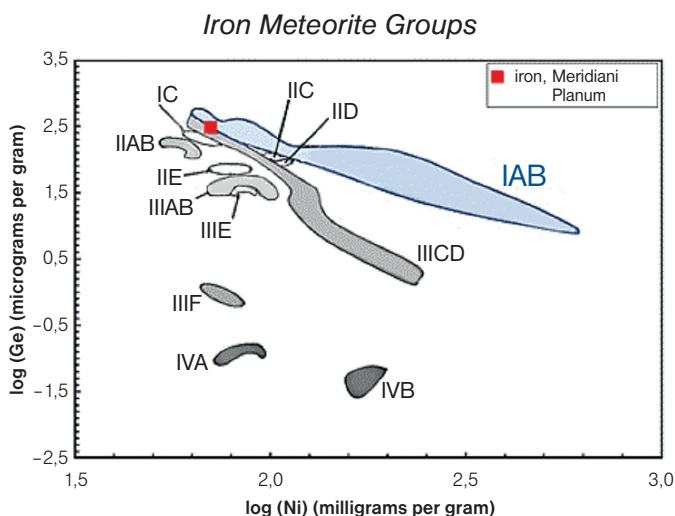
A misszió jelenleg a C fázisban van (a NASA jóváhagyása óta), így még a végső tervezés és gyártási munkálatok zajlanak, valamint kidolgozzák a küldetés részletes terveit. Ezt követően a küldetésnek még három fázison kell végighaladnia. A D fázis valamikor 2021 elején fog megkezdődni, melynek része a végleges összeszerelés és tesztelés, valamint a 2022. augusztusi indítás. Az E fázis nem sokkal azután kezdődik, hogy a Psyche űrszonda eléri az űrt, amelynek során megkezdődik a mélyűri felfedezések és mérések. Végül az F fázis akkor indul, mikor a szonda befejezte tudományos működését, ide tartozik az berendezés leszerelése, valamint a mérnöki és tudományos adatok archiválása is. A számítások szerint a Psyche űrszonda 2026. január 31-én fog megérkezni a Psyche aszteroidához, miután 2023-ban elrepül a Mars mellett [2]. A kutatócsoport azóta az eredetihez képest módosított, hatékonyabb útvonalat is talált, amely elkerüli a Föld gravitációs erőterének segítségét, helyette a Mars gravitációjának gyorsító hatását használva. Az új út az űrhajót távolabb tartja a Naptól is, csökkentve ezzel a hő elleni védelmet és ezáltal a szonda súlyát [5].

A misszió tudományos vizsgálatainak a tárgya: 1) meghatározni, hogy a Psyche egy mag vagy meg nem olvadt anyag, 2) meghatározni a Psyche felszíni régióinak relatív életkorát, 3) meghatározni, hogy a kis fémtest ugyanazokat az elemeket tartalmazza-e, mint amilyeneket a Föld nagy nyomású magjában várhatunk. Továbbá 4) meghatározni, hogy a Psyche oxidálódott vagy redukálódott körülmények között alakult-e ki, mint a Föld magja, és végül 5) jellemezni a Psyche felszínét (topográfiáját) [2, 3].

A becslések szerint a Psyche felszínének 90%-a fém. Ezt támasztja alá, hogy a sűrűsége $6980 \pm 580 \text{ kg/m}^3$. Mivel ez 3500 kg/m^3 -nél nagyobb, ez fémmeteoritot (M típusú) valószínűsít, szemben a jellemzően $1,380 \text{ kg/m}^3$ (szénalapú, C típusú) vagy $2,710 \text{ kg/m}^3$ (szilikát, S típusú) értékkel [3]. Ennél erősebb bizonyíték, hogy a radar-albedo (A, a porszemcsék (fény) visszaverő képessége) 0,42 és a hőtehetetlensége $\sim 120 \text{ J/m}^2$. Továbbá a fényelnyelés sajátosságok alapján úgy becsülik, hogy a felszín $\sim 90\%$ -a fém, $\sim 10\%$ -a pedig kőzet.

A vasmeteoritokat a gallium-, germánium- és irídium-tartalom aránya alapján osztályozzák, ez alapján durván 12 féle vasmeteorit-típust különböztetnek meg. Az osztályok pontos száma iskolánként némileg eltérő, azonban mindig I–IV csoportba osztják őket IA, IIAB, IVA stb. jelöléssel (3. ábra).

3. ábra. Vasmeteorit-típusok csoportosítása [7]



(Adapted from Schröder et al., 2008, JGR, Fig. 3, doi:10.1029/2007JE002990.)

Azonban nem csupán tudományos jelentősége van ennek a misszióknak, futuristák és kockázatitőke-befektetők gazdasági vonatkozásokat is tulajdonítanak a programnak. Optimista becslések szerint a Psyche 700 trillió dollár (trillió: 10^{18}) nemesfémeket tartalmaz, amely hatalmas mennyiségű aranyat és platínát jelent [9]. Az aszteroidabányászat várhatóan a következő ipari fellendülés fókuszpontja lesz.

Olyan vállalatok figyelik az eseményeket, mint például a Torontóban működő EuroSun Mining. Természetszerűen nem érdemes az űrbányászaton spekulálni, amíg ennek műszaki feltételeit ki nem alakítják. Érdemes lenne még az űrben olyan állomást létrehozni, ahol az alapvető feldolgozási műveleteket el lehetne végezni, hogy utána kisebb anyagmennyiség szállítását kelljen csak megoldani [9]. A National Space Society 2018-ban már harmadik átdolgozását adta ki a „Roadmap to Space Settlement” [10] című munkának, amiben forgatókönyvet kínálnak a fejlesztésekhez. Jelen cikk szerzői azért is elhamarkodottnak tartják ezeket a várakozásokat, mert még azt sem tudjuk, hogy egyáltalán milyen a meteorit elemi összetétele.

Az is könnyen érthető, mi váltja ki a nemesfémek iránti érdeklődést (éhséget?), hiszen az elektronika rohamos fejlődésével a nemesfémek iránti igény is jelentősen megnőtt az utóbbi évtizedben. Ennek illusztrálására álljon itt néhány adat (1. táblázat, [11]):

1. táblázat. Néhány nemesfém iránti éves igény (ezer unciában)

	Pt	Pd	Rh	Ru	In
2016	8,165	9,352	1013	1,16	274
2017	7,962	10,079	1061	1,254	274
2018*	7,767	10,218	1026	1,35	231

* becsült adatok

Bár a fémek visszaforgatásának aránya nő, és 2018-ban a nemesfémek iránti éves igény kicsit még vissza is esett, a hosszú távú előrejelzések az igények (elektronika, vegyipar, ékszerkészítés stb.) tovább fognak nőni, míg a források nem bővülnek. Az értékes nyersanyagokért folytatott verseny eddig nem látott eszközök használatát és a különböző érdekcsoportok közötti ellentétek kiéleződését is előrevetíti.

IRODALOM

- [1] Mohammed S. Orsolya: Hol a végtelen vége? A Kutató Gyerekek Tudományos Konferenciájára benyújtott dolgozat (csillagászat, kozmológia), Dorog, 2012. Regionális III. helyezés.
- [2] <https://www.nasa.gov/psyche>
- [3] Elkins-Tanton, LT., Asteroid 16 Psyche: NASA'S 14th Discovery Mission. Cosmo Elements. DOI: 10.2138/gselements.14.1.67
- [4] <https://theskylive.com/psyche-info>
- [5] <https://www.forbes.com/sites/bridaineparnell/2017/05/26/nasa-psyche-mission-fast-tracked/#226d12894ae8>
- [6] <http://www.planetary.org/blogs/guest-blogs/van-kane/20140219-mission-to-a-metallic-world.html>
- [7] M. Kaasalainen, J. Torppa, J. Piironen, Icarus (2002), 159/2, 369.
- [8] <http://www.psrdr.hawaii.edu/May08/MetsOnMars.html> (2019. szept. 30.)
- [9] <https://www.universetoday.com/142719/who-wants-to-be-a-trillionaire-mission-to-psyche-could-uncover-tons-of-precious-metals/>
- [10] <https://space.nss.org/media/NSS-Roadmap-to-Space-Settlement-3rd-Ed.pdf>
- [11] Coleey, A.: Johnson Matthey PGM Market Report, 2018. május.

Szófejtés

A vas és a csillagok

Az ókorban ismert vasásványok görög neve gyakran emlékeztetett egy-egy fontos tulajdonságra. Ezt a hagyományt őrzi a pirit (FeS_2) név is, amely a görög *pūr* (tűz) szóból származik. A tűz arra utal, hogy az ásvány tűzkőként viselkedik. A hematit (Fe_2O_3) neve a görög *haima* (vér) szóból ered; a porított ásványt vörös pigmentként használták. A magnetit (Fe_3O_4) neve megtöri a hagyományt. Névadója Wilhelm Haidinger 19. századi osztrák mineralógus, akit – eredményei elismeréseként – Ferenc József lovaggá ütött. A magnetit név nem közvetlenül a mágneshez, hanem az ókori Magnésziához kötődik, ahogy a mágnes és a magnézium is. A természetes vas-karbonátot (FeCO_3) szintén Haidinger nevezte el szideritnek a vas görög neve, a *szidérosz* alapján. Ez a név sem utal tulajdonságra. A szidéroszra más (nem túl gyakori) szavaink is visszavezethetők, például a sziderurgia (vaskohászat), a sziderofoor (vaskelát-képző), a szideroblaszt (felesleges vasat tartalmazó, éretlen vérsajt), a sziderózis (vas felhalmozódása a szövetekben, szövetekben), a sziderolit (vas-kő meteorit). A vasfa nemzetség tudományos nevének (*Sideroxylon*) első fele is a szidéroszból származik – ez a fa nagyon kemény, ha nem is annyira, mint a vas.



Sideroxylon persimile – vasfa

Érdekes, hogy a szidérosz nem jelenik meg a vas latin (*ferum*), angol (*iron*), francia (*fer*), német (*Eisen*) nevében, és persze a magyarban sem. A magyar elnevezés az etimológiai szótár szerint ősi, uráli kori szó. Az eredeti alak talán úgy hangzott, hogy „waske”, és „valamilyen fémfajtát jelölt. A magyarban jelentésszűkülés ment végbe”.

Az égi vas

A Föld magja elsősorban vasat és nikkelt tartalmaz. A vasmeteoritok is jórészt vas-nikkelt ötvözetekből állnak. A Tutanhamon (18.

Az írás alapja: Pierre Avenas: „Clin d’œil étymologique”, L’Actualité Chimique, 2018. január.

¹ D. Comelli et al.: Meteoritics & Planetary Science (2016) 1–9.

² Kákósy László: Az alexandriai időisten. Osiris Kiadó, Budapest, 2001. 365–366.

dinasztia, i. e. 14. század) sírjában talált török egyike vasból készült – és nemrég mutatták ki, hogy ez a vas meteoritból származik.¹ A penge összetételét roncsolásmentes módszerrel, röntgenfluoreszcenciás spektrometriával határozták meg a kairói Egyiptomi Múzeumban. A vason kívül, többek között, sok (kb. 11 tömegszázalék) nikkelt és kb. huszadannyi kobaltot találtak. A magas nikkeltartalom és a nagy nikkelt/kobalt arány jellemző a vasmeteoritokra. A kutatók ezután számos meteorit adatait megvizsgálták, köztük a Vörös-tenger 2000 km-es körzetéből származó 20 meteoritét, és kiderült, hogy a 2000-ben megtalált Kharga nevű meteorit összetétele 10 százalékon belül egyezik a törével.

A szépen megmunkált penge a késő bronzkorban készült vas-tárgyak ritka példája. A bronzkorban a vasat értékesebbnek tartották az aranytól. Egyiptomi diplomáciai iratok arról is beszámolnak, hogy nem sokkal Tutanhamon uralkodása előtt vasból készült ajándékok kerültek a fáraócsaládhoz.



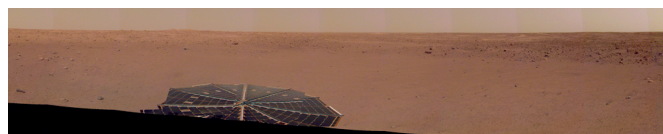
Tutanhamon vaspengéjű töre. A nyél és a tör mellett látható tok aranyból készült

Arra már sok ezer éve rájöttek, hogy a földön talált, fémes külsejű kövek az égből érkeznek, és hullócsillagok darabjai. A vasat óegyiptomi nyelven *bia ben pet*-nek, égi ércnek nevezték, és akkor is ezzel a kifejezéssel jelölték, amikor nem meteoritból származott.²

A meteorvas tehát a „csillagos égből” kerül hozzánk, a csillag latin neve pedig *sidus* (birtokos esetben: sideris). Ebből származik a „sziderikus” (csillagászati, csillaggal kapcsolatos) szavunk. Lehet, hogy a sziderikus és a szidérosz rokonok? Csábító gondolat, de a nyelvészek szerint nincs rá bizonyíték. Nem tudjuk, honnan ered a vas görög neve, a szidérosz.

A vas és a Mars

Az ókorban a hét ismert fém mindegyikéhez egy-egy égitestet társítottak. A vas párja a Mars, a háború istenéről elnevezett bolygó volt. A kapcsolatot részben a bolygó vörös színe indokolta, amely a hematit vagy a rozsdaszínre emlékeztet, részben az, hogy vasból gyártották a fegyvereket, ezekkel pedig vért ontottak, ami szintén piros. Az már jóval később derült ki, hogy a Mars vöröse magától a vastól – a felszíni réteg oxidált vasától (rozsdától) – származik, a gerincesek vérének festékanyaga, a hem pedig vasiont tartalmazó komplexvegyület.



Az InSight űrszonda felvétele a Mars felszínéről 2018 decemberében

A vasat az alkimisták is marsnak nevezték. De a *mars!*-nak már semmi köze a vashoz; a francia *marche* (menet, lépés, menetelés) szóból ered, és német–osztrák közvetítéssel került hozzánk.

sv

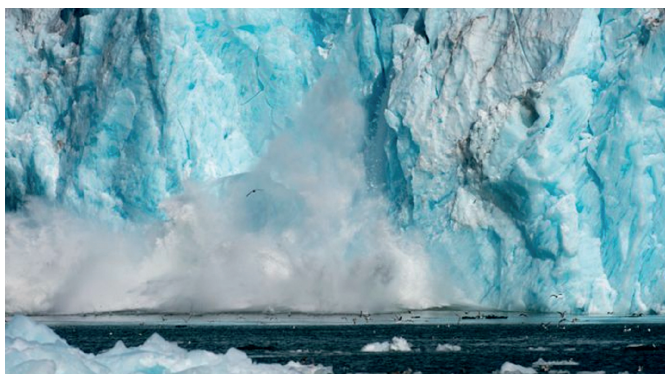


TÚL A KÉMIAÁN

Jeges töréshangok a víz alatt

A Jeges-tenger környezetében lévő jégmezőkről egyre gyakrabban törnek le kisebb-nagyobb jéghegyek. A jelenség számottevően hozzájárul a világtengerek átlagos szintjének emelkedéséhez, de nyomon követése elég nehéz, mert az emberi településektől igen távol történik. Még 2016-ban egy amerikai kutatócsoport a Norvégiához tartozó Spitzbergák szigetcsoportján lévő, 54 km² területet elfoglaló Hansbreen-gleccser közelében víz alatti mikrofonokat helyezett el. A felvett jégtörési zajok detektálásakor egy automatika a vízszint fölött fényképeket is készített. A főszezonnak számító másfél hónap alatt naponta legalább 20 jéghegy tört le a gleccserről, ezek közül 169-et sikerült egyértelműen beazonosítani a fényképeken, majd elemzésnek alávetni. A két adatforrás kombinálásával nagyon jó becsléseket lehetett kapni a leváló jéghegy csobbanásának energiájára, ebből pedig a jéghegy tömegére. A tanulmányban bebizonyították, hogy csak a mikrofonok hangadataiból is nagyon jól meg lehet becsülni a gleccser által elveszített jég mennyiségét.

The Cryosphere 14, 1025. (2020)



Meteorit-szupravezetés

A szupravezető anyagok igen ritkák a természetben: ezért nagy a tudományos újdonságereje annak, hogy biztosan a világűrből származó mintákban találtak ilyen vegyületeket. Egy kaliforniai laboratóriumban 15 különböző, a Föld felszínén talált meteoritdarabkát vizsgáltak meg a mágneses térrel modulált mikrohullámú



spektroszkópia (MFMMS, magnetic field modulated microwave spectroscopy) módszerének segítségével. Két esetben is kimutatták indium, ólom és ón olyan ötvözetét, amelyről korábbi, laboratóriumi kísérletek alapján már biztosan tudták, hogy szupravezető sajátosságú. A két meteoritminta sajátosságai egyébként elég különbözőek voltak, így nagyon va-

lószerű, hogy az ilyen tulajdonságú anyagok csak a Földön nagyon ritkák, a naprendszerben már nem.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 117, 7645. (2020)

CENTENÁRIUM



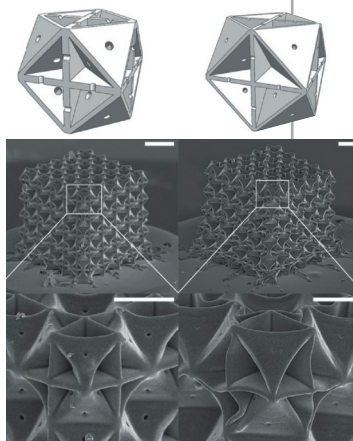
Max Bergmann: Notiz über die Einwirkung von Benzoylchlorid auf Schwefelkalium
Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Vol. 53, pp. 979–984. (1920. június 12.)

Max Bergmann (1886–1944) német biokémikus volt, az oligopeptidek szintézisének továbbfejlesztése fűződik a nevéhez. Hermann Emil Fischerrel dolgozott együtt, majd egy drezdai kutatóintézet igazgatója lett. Zsidó származása miatt 1933-ban elhagyta Németországot és New Yorkban, a Rockefeller Egyetemen folytatta munkáját. Két későbbi Nobel-díjas (William Howard Stein és Stanford Moore) is dolgozott a laboratóriumában. 2002-ben Drezdában kutatóközpontot neveztek el róla.

A gyémántnál is keményebb hálózat

Már évtizedek óta ismert, hogy megfelelően felépített háromdimenziós hálózatok segítségével olyan anyagok készíthetők, amelyek sok levegőt tartalmaznak ugyan, de egyidejűleg nagyon kemények is. Ezen elv lehetőségeinek maximális kihasználásával a közelmúltban olyan szerkezet készült, amelynek levegőtartalma 70%, keménysége viszont meghaladja a gyémántét is. Az eljárás során a kereskedelembe is elérhető háromdimenziós nyomtatási módszert használták: a kiindulási anyag UV-érzékeny akrilgyanta volt, amelynek a térhálósodása csak nagy intenzitású lézer hatására indul el egy kétfoton-elnyeléses folyamatban. A lézer megfelelő irányításával 160 nm falvastagságú, hat négyzettel és nyolc háromszöglappal határolt apró szerkezeti egységeket hoztak létre. A lézerírási lépés után a mintát egy órán át 900 °C-on vákuumban tartották, így minden nem térhálósodott részt kiégettek belőle. A visszamaradó hálózat sűrűsége viszonylag kicsi, keménysége kivételesen nagy lett.

Nat. Commun. 11, 1579. (2020)



APRÓSÁG

2019-ben a legnagyobb forgalmú gyógyszer az AbbVie cég Humira néven forgalmazott, ízületi gyulladások kezelésére alkalmas szere volt 19,2 milliárd dollár éves bevétellel.



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

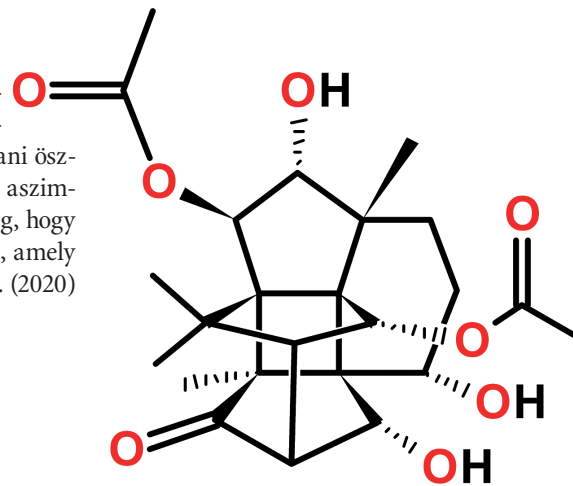
A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html



A HÓNAP MOLEKULÁJA

A kanataxpropellán ($C_{24}H_{32}O_8$) a taxol nevű rákellenes szer származéka. Tízszafeabokrokban nagyon kis mennyiségben fordul elő, ezért biológiai hatásának tanulmányozása felé nagy lépés az, hogy sikerült szintetikus előállítását 29 lépésben. A molekula különlegessége, hogy 24 szénatomjából 12 is aszimmetriás, ezekből négy egy ciklobutángyűrűben fordul elő. További érdekesség, hogy két helyen is propellánszerű részlet van benne, vagyis olyan szén-szén kötés, amely három gyűrűnek is része egyszerre.

Science 367, 676. (2020)



Ammóniumsók üstökösökön

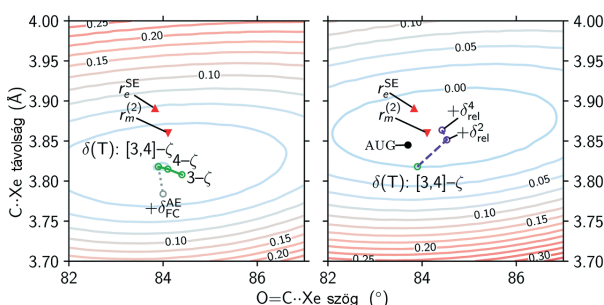


Az üstökösök anyagának elemzésével foglalkozó szakemberek számára már évtizedek óta talányos, hogy ezen égitestekben miért jelentősen más a nitrogén és szén előfordulásának az aránya, mint a Napban. A talányt valószínűleg sikerült megoldani egy új cikkben, amely a 67P/Csurjumov-Gerasimenko üstököséről a Rosetta űrszonda által még 2014-ben gyűjtött adatokat elemezte újra. A képkalkító spektrométer által detektált felszíni jelekben egy ismeretlen eredetű széles sáv volt, amelyet a vízjég jelenléte nem magyarázott meg. Földi laboratóriumi kísérletekben megpróbálták az üstökös anyagához hasonlót létrehozni az űrbeli körülmények között, s azt tapasztalták, hogy ammóniumsókkal nagyon hasonló spektroszkópiai jeleket kaptak. Ezek jelenléte az üstökösökben viszont arra mutat, hogy a korábbi mérések jelentősen alulbecsülték a nitrogéntartalmat.

Science 367, 1212. (2020)

Xenonkomplex

Néha a műszerek kalibrálása is fontos felfedezésekhez vezethet: német kémikusoknak egy mikrohullámú spektrométer tesztelésekor sikerült olyan új jelre bukkaniuk, amely a karbonil-szulfid (COS) és az elemi xenon (Xe) közötti nem kovalens kölcsönhatás létét bizonyítja gázalmazállapotban. A kísérleti megfigyelések után részletes, relativisztikus hatásokat is figyelembe vevő kvantummechanikai számolásokat végeztek, és ezzel is alátámasztották a furcsa „komplex” létezését. A mikrohullámú mérések esetében nagy szerencse volt, hogy sok stabil xenonionizotóp van, így a $Xe \cdots OCS$ kölcsönhatás tanulmányozásában sok izotopomer sajátosságait figyelembe lehetett venni. Az elméleti számításokat a többi nemesgáz és a higany esetére is kiterjesztették, az eredmények szerint a „kötés” erőssége soha nem haladja meg a 4 kJ/mol-t. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 22, 5615. (2020)



Enzimatiskus PET-bontás

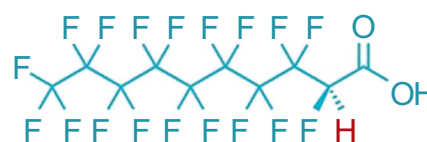
A polietilén-tereftalát (PET) talán a legelterjedtebb poliszter: elsősorban a műanyag palackok anyagaként használt műanyagból évente 60 millió tonnánál is többet gyártanak, és gyakorlatilag nem hasznosítják újra a hulladékot, amely a környezetben nem bomlik le. Francia tudósoknak a közelmúltban sikerült egy mikroorganizmusokban előforduló, eredetileg növényi részek lebontását végző enzim mesterséges módosításával olyan eljárást kidolgozni, amely alig 10 óra alatt 90%-ot is meghaladó hatékonysággal bontja le a polietilén-tereftalátot. Az eredeti enzim szubsztrátkötő helyét sok kísérletben az aminosavvegyiségek véletlen cseréjével optimalizálták PET-re, az enzim hőállóságát viszont már egy korábban ismert eljárással, a fehérje által kötött kalciumiont diszulfidhídra cserélve terjesztették ki a műanyagbontáshoz más okból optimális 70 °C-ig. Az eredmény annyira meggyőző lett, hogy a kifejlesztett eljárást már egy kísérleti üzemben is elkezdtek használni, és 2025-re akár évi százezer tonna PET-et lebontó telep is épülhet.

Nature 580, 216. (2020)



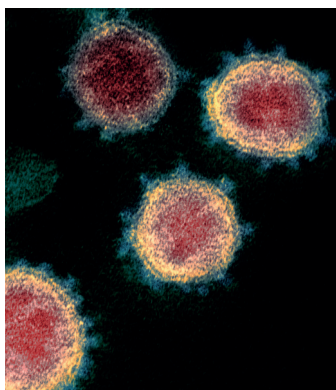
Légből kapott perfluorvegyület-analízis

A per- és polifluoralkil vegyületeket (PFAS) égésgátlóként, illetve letapadásgátló bevonatként már évtizedek óta használják. Már az is jól ismert, hogy ezek az anyagok általában a környezetben sem bomlanak le, és felhalmozódásuk egészségügyi kockázatokat rejt magában. Ezért is fontos eredmény, hogy olyan új analitikai módszert fejlesztettek ki, amely ezen anyagok jelenlétét gázfázisban és porszemcsékhez kötődve is meg tudja határozni a levegőben. A Kínából származó mintákban nagy felbontású tömegspektrometria segítségével 117 különböző, PFAS-szerű molekulát sikerült kimutatni, ezenkívül még 12 olyan karbonsavszármazékot is előfordultak, s az eredmények szerint más forrásból származtak, mint a szokásos PFAS-molekulák.



Environ. Sci. Technol. 54, 3103. (2020)

A koronavírus-járvány és az egyesületi élet



A koronavírus járvány okozta korlátozó intézkedések Egyesületünk életére is hatással vannak. Mint azt tapasztalhatták és az MKE-hírek rovatban is olvashatják, március közepe óta minden rendezvényünket el kellett halasztanunk: a középiskolások tanulói és tanárai által olyannyira várt Irinyi-ve-télkedőt, több hazai konferen-ciánkat, és erre a sorsra jutott a május végén esedékes Kül-

dötközgyűlésünk is. Ez utóbbiról, a körülményekhez alkalmazkodva, április 27-i „Zoom”-olt, on-line IB-ülésünkön határoztunk. A korlátozások feloldása után, reméljük, az elhalasztott rendezvényeinket ez év őszén rendben megtarthatjuk. Egyébként mindenben készülünk, hogy az élet, az egyesületi élet is visszatérjen a normális kerékvágásba.

Hogy az milyen lesz? Mindenütt azt hallhatjuk, olvashatjuk, hogy ezután nem folytatódhat minden ugyanúgy, mint a járvány előtti időkben. Ebben valószínűleg sok igazság van. Nekünk is le kell vonnunk a szükséges konzekvenciákat; hogy ezek mik legyenek, mik lesznek, a Küldöttközgyűlésnek kell az irányokat kijelölnie. Az nagyon valószínűnek látszik, hogy sokkal nehezebb lesz jelentős bevételt hozó konferenciákat szervezni. Az olcsó repülő-jegyek, olcsó szállások korszaka elmúlnak tűnik, így a konferen-ciára utazók száma óhatatlanul is csökkenni fog, ami az e terüle-ten képződő bevételeinket csökkenteni fogja. A vállalatok támo-gatásáért is sokkal jobban meg kell harcolni, hiszen a gazdaság visszaesése társadalmi kötelezettségvállalásuk készségét csök-kentheti. Nem várható az állami támogatások növekedése sem. Miből tudja az Egyesület fenntartani magát? Még van időnk gon-dolkodni rajta, de fel kell készülnünk a válaszok megtalálására.

Előbb azonban azért tegyünk, hogy a járvány minél kisebb ál-dozatokkal és minél hamarabb véget érjen. Tartsuk be a korláto-zásokat, lehetőségeinkhez mérten segítsük a nálunk rosszabb helyzetbe kerülteket, legyünk szolidárisak embertársainkkal, kol-legáinkkal, időssekkel, fiatalokkal, középkorúakkal!

Kiss Tamás

A hagyományokat megőrizve, sikerrel zárult az 51. Kromatográfiás Továbbképző Tanfolyam



2020. január 27. és 29. között a Magyar Kémi-kusok Egyesülete Csong-rád Megyei Csoportja és a Szegedi Akadémiai Bi-zottság Analitikai és Kör-nyezetvédelmi Munkabi-zottsága szervezésében megrendezésre került az 51. Kromatográfiás To-vábbképző Tanfolyam.

Az előző 20 év során a tanfolyamot Janáky Tamás, Péter Antal és Bartók Tibor szervezte. Az ötvenedik, jubileumi eseményt köve-tően a korábbi szervezők új szervezőbizottságot kértek fel a több évtizedes hagyománnyal rendelkező tanfolyam jövőbeni lebo-nyolítására. Így az 51. tanfolyam Ilisz István (SZTE Gyógyszera-nalitikai Intézet), Berkecz Róbert (SZTE Gyógyszeranalitikai In-tézet) és Varga Tibor (Nemzeti Szakértői Kutató Központ, Sze-ged) szervezésével került megrendezésre. Az új szervezőbizottság munkája során nagyban támaszkodott elődei tapasztalatára.

A korábbi szervezők segítségével sikerült a hazai elválasztás-tudomány szaktekintélyei közül többeket is felkérni; a plenáris előadást Kalász Huba tartotta, mellette többek között Klebovich Imre, Felinger Attila, Horváth Krisztián, Móricz Ágnes, Drahos László, Szekeres András és Fekete Szabolcs tartott kiváló elő-a-dást. A 22 tudományos előadás mellett 4 előadást a kromatográ-fiás és tömegspektrometriás készülékeket, eszközöket és vegy-szereket forgalmazó cégek képviselői tartottak, erősítve ezzel a felhasználók és a gyártói oldal kapcsolatát.

A rendezvényen 120 résztvevő és 20 kiállító regisztrált, ezzel a korábbi évekhez képest tovább növekedett a tanfolyam iránt ér-deklődő kiállítók száma, és egyben elértük a SZAB Székház be-fogadó képességének határát is. Az új szervezőbizottság kiemelt figyelmet fordított a Tanfolyam hagyományainak megőrzésére. Ennek megfelelően a jubileumi rendezvényen újra életre keltett kerekasztal-beszélgetés keretében a 2020-as tanfolyamon a kromatográfia és a tömegspektrometria témakörében tartottunk élénk érdeklődést kiváltó szakmai fórumokat.

A magas színvonalú szakmai program mellett hétfőn este ki-kapcsolódásként Csenki Attila, a Dumasínház művésze szóra-koztatta a hallgatóságot, kedden este a szegedi Kiskőrössi Ha-lászcárdában tartottunk baráti találkozót egy kellemes vacsorá-val összekötve, az utolsó napon pedig értékes ajándékok találtak gazdára a résztvevők között egy tombolasorsoláson.

A visszajelzések alapján elmondható, hogy az 51. Kromatográ-fiás Továbbképző Tanfolyam a hagyományokat követve ismét-ten magas színvonalú és jó hangulatú esemény volt, az új szerve-zőbizottság elnyerte a résztvevők bizalmát, amit a szervezők ez-úton is tisztelettel köszönnek. Azt reméljük, hogy a színvonal és a tanfolyamra jellemző egyediségek megtartásával a jövőben is meg tudjuk őrizni a tanfolyam iránti érdeklődést. 2021. január 25–27. között újra várjuk az elválasztástudomány aktuális ered-ményei iránt érdeklődőket Szegeden, az 52. Kromatográfiás To-vábbképző Tanfolyamon.

Ilisz István, Berkecz Róbert, Varga Tibor

A 2019. év legjobb cikkei a Magyar Kémikusok Lapjában

A szavazás ez évben is a szokásos módon, interneten keresztül történt. Az ismert e-mail-címmel rendelkező tagjaink közül 357 fő, a tagok 25,4%-a szavazott. A tavalyi 26,4%-os részvételhez képest ez gyakorlatilag stagnálást jelent.

Az alábbiakban adjuk meg a legalább 15 szavazatot kapott cik-kek listáját. A cikkek előtt álló számok a kapott szavazatokat jelölik.

48	Lente Gábor: Vegyészleletek
40	Tóth Zoltán: Tévhitek a kémia oktatásában
30	Hargittai István: Dmitrij Mengyelejev hiányzó Nobel-díja
29	Lente Gábor: Modern jóslatok a periódusos rendszerben



28	Perczel András: Az atomok „illúziója” és a molekulák realitása között felúton: változatok négy elemre in memoriam Kajtár Márton
25	Csupor Dezső: Hatástalanok a köhögéscsillapítók – hazudik a statisztika?
23	Keglevich Kristóf: Miért a kémia a leginkább utálatos tárgy?
	Lente Gábor: A 2018-as IgNobel-díjak: szív küldi szívnek
22	Braun Tibor: A fullerén-paradoxon
	Csupor Dezső: Ezerjő füvek
21	Keszei Ernő: Egy magyar tudós két háború között. Báró Eötvös Loránd élete és munkássága
19	Csupor Dezső: Kannabiszt várandós nőknek?
18	Braun Tibor: Hangok és ízek. Gioacchino Rossini gasztro-nómiája
	Inzelt György: Tudósok és az első világháború
	Inzelt György: Mengyelejev örülne: teljes az első hét periódus a táblázatban
	Lente Gábor: Az atomtömegek rövid története
17	Árvai Barbara: Érdekes és hasznos elemek – a periódusos rendszerből
	Lente Gábor: Didímium, Szaturnum, Ausztrium (Sosem volt elemek)
16	Braun Tibor: Jorge Eduardo Hirsch és a Hirsch-index. Személyes érintettségű krónika

Gratulálunk a Szerzőknek!

A Szerkesztőség és a Szerkesztőbizottság javaslata alapján az MKE Intézőbizottsága az első három szerzőnek Nívódíjat adományoz, melyek átadására a Küldöttközgyűlésen kerül sor.

MKL Szerkesztőség és Szerkesztőbizottság

Kitüntetések

A köztársasági elnök 2020. március 15. alkalmából a Magyar Érdemrend Tisztikeresztje kitüntetést adományozta többek között nemzetközileg is elismert tudományos eredményei, jelentős kutatásfejlesztési tevékenysége, valamint a Pannon Egyetemen működő biomérnöki alapszak tantervének fejlesztésében vállalt szerepe elismeréseként **Bélafiné Bakó Katalin**, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Pannon Egyetem Mérnöki Kara Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézetének igazgatója, egyetemi tanár részére,

a hazai agrár-felsőoktatás területén végzett kiemelkedő színvonalú oktatói és eredményes kutatói munkája, valamint szakmai közéleti szerepvállalása elismeréseként **Győri Zoltán**, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kara Táplálkozástudományi Intézetének korábbi intézetigazgató egyetemi tanára, professor emeritus részére,

a bioanalitika, illetve az elválasztástudomány területén elért, nemzetközileg is kimagasló kutatási eredményei, valamint oktatói és tudományszervezői tevékenysége elismeréseként **Kilár Ferenc**, a biológiai tudomány doktora, a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kara Bioanalitikai Intézetének és Természettudományi Kara Kémiai Intézetének egyetemi tanára, volt intézetigazgatója részére,

a bioanalitika és farmakokinetika szakterületén elért tudományos eredményei, széles körű tudományszervező tevékenysé-

ge, valamint a hazai gyógyszerkutatás nemzetközi elismertségének növelésében vállalt szerepe elismeréseként **Klebovich Imre**, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Semmelweis Egyetem professor emeritusa részére.

Kilár Ferenc 2020 májusában Akadémiai Díjat is kapott a bioanalitika, illetve az elválasztástudomány területén nemzetközileg is elismert, kiemelkedő tudományos munkája, a kapilláris elektroforézis nemzetközi és hazai bevezetése és alkalmazása alapjainak megteremtése, valamint kiemelkedő oktatómunkája elismeréseként.

Kitüntetett kollégáinknak szívvel gratulálunk, és munkájukban további sikereket kívánunk!

PÁLYÁZAT

A Magyar Kémiaoktatásért Díj

Általános, közép- és szakközépiskolai, valamint szakgimnáziumi tanárok részére írt ki pályázatot a Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémiaoktatásért kuratóriuma – idén 22. alkalommal – annak érdekében, hogy támogassa és erősítse a kémia színvonalas iskolai oktatását. A Magyar Kémiaoktatásért díj elsősorban a magyarországi kémiatanárok elismerését célozza, de a határon túli iskolákban magyar nyelven tanító kémiatanárok is javasolhatók.

A rangos elismerést, a személyenként **500 ezer forint**os díjat a Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémiaoktatásért kuratóriuma ítéli oda olyan kémiatanároknak, akik elismerten a legtöbbet teszik a kémia iránti érdeklődés felkeltéséért, akiknek tanítványai sikeresen szerepeltek hazai és nemzetközi kémiai tanulmányi versenyeken, valamint akik jelenleg is aktív tanári tevékenységet folytatnak, mindezzel jelentős szerepet vállalva a jövő generációjának nevelésében. A Magyar Kémiaoktatásért díjra iskolaigazgatók, kollégák, egykori és jelenlegi diákok jelölhetnek tanárokat.

A pályázat beküldésének módja

A pályázatot elektronikus úton lehet benyújtani a <https://kemiaoktatasesert.richter.hu> portálon, az ott leírt útmutató alapján. Egy adott tanárt egy vagy több személy külön-külön, vagy közös pályázatban is felterjeszthet a díjra. Határon túli tanár felterjesztése esetén egy magyarországi ajánló is szerepeljen a pályázatban.

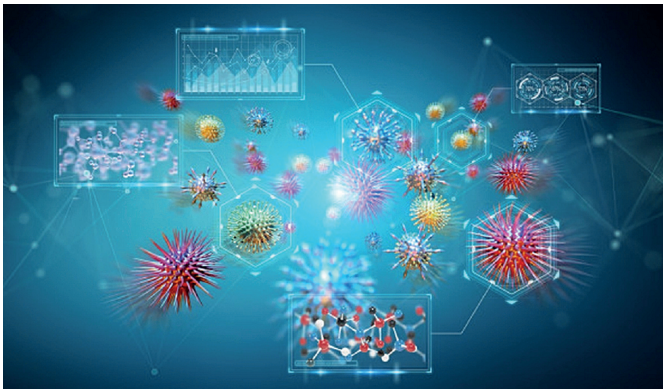
Jelölési határidő: 2020. július 1.

HÍREK AZ IPARBÓL

Vegyipari mozaik

Új út nyílt a gyógyszerfejlesztésben. Bár bizonyos daganatos és autoimmun betegségeknél már eddig is megoldást nyújtottak a modern biológiai terápiás kezelések, ezek a hatóanyagok csak a sejteken kívüli célpontokat tudják támadni. Éppen ezért jelenthet új irányt a Szegedi Tudományegyetem kutatóinak legújabb eredménye. Az általuk fejlesztett speciális hordozómolekula képes a sejtbe juttatni a biológiai terápiás hatóanyagokat, például a kóros folyamatok megállítására képes antitesteket.

A gyógyszergyárak jelenlegi technológiájába illeszkedő módszer új lehetőséget nyithat olyan eddig megoldatlan betegségek kezelé-



sében, ahol a cél a sejten belüli folyamatok közvetlen befolyásolása biológiai hatóanyagokkal. Immunrendszerünk az idegen anyagokat, például baktériumokat és vírusokat az antitestek segítségével azonosítja és jelöli meg. Ezekkel a nagyméretű biomolekulákkal, mint gyógyszerekkel, kórosan működő fehérjekapcsolatokat is lehet befolyásolni. Ez új út lehet a gyógyszerfejlesztésben.

Az elmúlt évek erőfeszítései arra irányultak a szegedi kutatócsoportban, hogy nagyobb méretű fehérjét vigyenek a sejteken belülre a hordozómolekulával. A „csali” molekula trójai falóként hatol át a sejtmembránon, egy olyan útvonalon, amelyet például a kolera és a tetanusz toxinja vagy bizonyos vírusok (például a járványos gyermekbénulásért felelős poliovírus) is kihasználnak. Az antitestet biomimetikus módszerrel juttatják a sejtbe, vagyis a már meglévő bejáratot nyitják ki úgy, hogy a bakteriális toxinok és vírusok biológiai rendszereit utánozzák.

Ahhoz, hogy az antitest működőképes maradjon, nem szabad, hogy a sejt lebontsa, vagyis olyan útvonalat kellett találni az antitest bejuttatásához, ami a sejt belső, biztonságos szállító rendszerébe viszi azt.

A szegedi kutatók által vizsgált speciális molekulával az antitestet úgy tudják bejuttatni a sejtbe, hogy az nem bontja le. Olyan anyagot kellett találni, ami hozzáragasztja az antitestet a sejt megfelelő bejáratához. Ez egy rövid peptid. Olyan kicsi, hogy lényegesen nem befolyásolja az antitest működését. Ezenfelül nem mérgező, és az előállítási költsége is alacsony. A molekula további előnye, hogy bármilyen fehérjealapú gyógyszerhez kapcsolható a gyógyszerfejlesztésben.

Az SZTE Általános Orvostudományi Kar Orvosi Vegytani Intézet kutatói a Szegedi Biológiai Kutatóközpont (SZBK) munkatársaival együttműködve 2016 óta dolgoznak a témán. A tudományos eredmény kapcsán a Szegedi Tudományegyetem és az SZBK szabadalmi bejelentést nyújtott be. *(Tudománypláza)*

BioTechUSA™

Felvásárolja versenytársát a BiotechUSA. A dél-afrikai tőzsdén (JSE) jegyzett Ascendis Health bejelentette, hogy megállapodott a magyar BiotechUSA tulajdonosaival a portfóliójába tartozó Scitec Nutrition eladásáról. A tranzakció valamennyi Scitec-leánycéget érinti. Az ügylet az Ascendis számára lényegében veszteségleírás, mivel 2016-ban még 170 millió euróért vásárolta meg a Scitec étrendkiegészítő céget.

Most azonban 5 millió euróért cserélt gazdát a nehéz pénzügyi helyzetbe került vállalat. A 2019. második félévi 30,97 millió eurós bevételre például 5,39 millió eurós veszteség jutott. 2015-ben, a felvásárlást megelőzően a Scitec még 10,6 millió eurós adózás utáni eredményt jelentett. Azzal, hogy ismét 100 százalékban magyar kézbe került a Scitec, gyakorlatilag megmenekült.

A két cég – a teljes étrendkiegészítő-piachoz viszonyított – mérete nem indokolja az automatikus versenyhatósági vizsgálatot, de valószínűleg, az ilyen esetekhez hasonlóan, bejelentik majd azt a Gazdasági Versenyhivatalhoz (GVH). *(Infostart)*



A Kaszpi-tengeren található azerbajdzsáni olajmezőben vásárolt 9,5 százalékos tulajdont a Mol-csoport. A Mol-csoport április 16-án lezárta az azerbajdzsáni ACG olajmező és a BTC csővezeték résztulajdonának megvásárlásáról szóló, 1,57 milliárd dolláros tranzakciót a Chevron Global Ventures Ltd.-vel és a Chevron BTC Pipeline Ltd.-vel.

A megállapodás értelmében a Mol tulajdonába került az Azeri-Chirag-Gunashli (ACG) olajmező 9,57 százalékos, illetve a Baku-Tbiliszi-Ceyhan (BTC) csővezeték 8,9 százalékos részesedése.



A BTC csővezeték a Földközi-tenger partján található Ceyhant köti össze az ACG mezővel. A tranzakciónak köszönhetően a Mol – a BP és a SOCAR után – a harmadik legnagyobb tulajdonossá válik a Kaszpi-tengeren található, jelentős készletekkel rendelkező ACG mezőben, melynek operátora a BP, és 1997 óta termel kőolajat.

Az eszköz megvásárlása mérföldkő a kutatás-termelés üzletág nemzetközi portfóliójának bővítésében, és jelentős lépés az inorganikus készletpótlási célok eléréséhez – írja közleményében a Mol. A BP becslése szerint a 2017. szeptemberi, 2049-ig terjedő licenshosszabbítást követően a kitermelhető földtani vagyon mintegy 3 milliárd hordó. *(MTI)*



RICHTER GEDEON

A Richter eszközvásárlási megállapodást kötött a tajvani Mycenaxszal a bioszimiláris tocilizumab vonatkozásában.

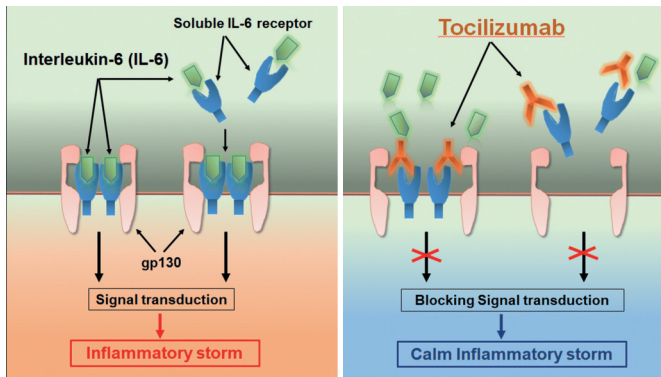
A megállapodás értelmében a Richter az egész világra kiterjedően megszerzi a tocilizumabra vonatkozó fejlesztési, gyártási és értékesítési jogokat. A bioszimiláris tocilizumab termék magában foglalja a termelő sejtvonalatokat, a szellemi tulajdonjogokat, a technológiai eljárást és a Mycenax által korábban előállított adatokat. A felek megállapodása alapján a Richter négy részletben összesen 16,5 MUSD kifizetést teljesít. A Richter a tárgyalások zárólagos jogának biztosításáért 2 MUSD összeget fizetett ki, és az aláírást követően további 3 MUSD mérföldkő-kifizetést teljesít. A tocilizumab várhatóan az Európai Unió, Kanada, Ausztrália és Japán piacain kerül majd forgalomba.

A tocilizumab reumatoid arthritisz kezelésére alkalmazott biológiai készítmény. A tocilizumab további elfogadott indikációi pediátriai kezelésben a juvenilis idiopátiás arthritisz, illetve a szisztémás juvenilis idiopátiás arthritisz. Emellett a termék az óriás-



sejtes artritisz, valamint kimérikus antigén-receptort (CAR) hordozó T-sejt által okozott citokinihiar (CRS) kezelésére is törzskönyvi engedéllyel rendelkezik. A tocilizumab szubkután és intravénás formulációkban egyaránt rendelkezésre áll. (Richter)

Új fejlemény, hogy az immunrendszer válaszütemét befolyásoló, a citokinihiart enyhítő tocilizumab hatékonynak bizonyul a súlyos állapotban lévő koronavírus-fertőzöttek kezelésében. Egy klinikai kísérletben a tocilizumabmal végzett kezelés jelentősen levitette a lélegeztetőgépre szoruló és az elhunytak arányát a hagyományos kezelést kapókhoz képest. (MTI)

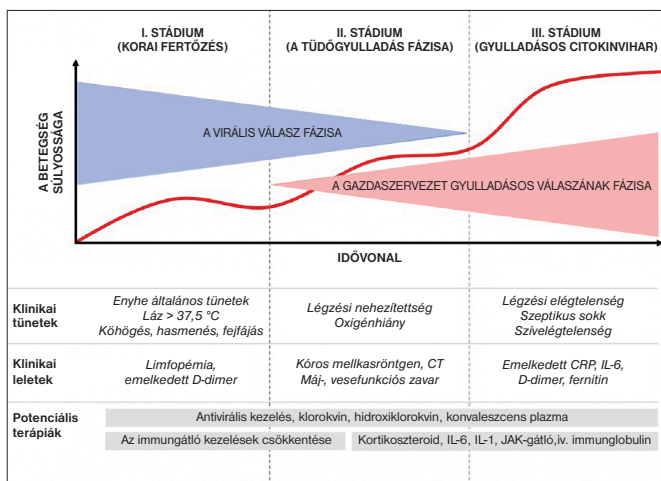


A Covid-19 fertőzéssel kiváltott citokinihiarról és az egyes gyógyszerek alkalmazhatóságáról írt összefoglalót az mta.hu-nak Szekanecz Zoltán (DE) és Constantin Tamás (SE): https://mta.hu/tudomany_hirei/citokinihiar-covid-19-fertozesben-110610.

Ebben megállapítják, hogy az autoimmun reumatológiai betegségek kezelésére is használt antimaláriás szerek, így a klorokin és hidroxiklorokin egyrészt gátolják a vírus sejtbe jutását, másrészt számos immunológiai folyamatba, így a citokintermelésbe is beavatkoznak. Az ún. célzott terápiák az immunrendszer egy adott pontján hatnak. A Covid-19 klinikai vizsgálatában tocilizumabkezelés mellett javult a vér oxigénellátottsága, a tüdő CT-képe, csökkent a láz, továbbá emelkedett az eredetileg alacsony fehérvérsejtszám.

A tocilizumab mellett más IL-6-gátlók (sarilumab, siltuximab), az IL-1-gátló anakinra és a TNF- α -gátló adalimumab is kipróbálás alatt állnak Covid-19-ben. A szintetikus célzott terápiás szerek közül a többféle citokint gátló, ún. Janus-kináz (JAK) inhibi-

A Covid-19 lefolyásának lehetséges időbeli szakaszai. Először a virális szakasz, aztán a gazdaszervezet gyulladásos válasza dominál. Az ábra alján olvashatók a klinikai és leleteltérések, valamint a javasolt terápiák



torok (baricitinib, tofacitinib) is ígéretesek. A baricitinib a citokin mellett a vírus sejtbe jutását is gátolja. Az egyéb kezelési lehetőségek közül a számos autoimmun betegségben használatos emberi intravénás immunglobulin, valamint a Covid-19 betegségen átesett betegek vírusellenes ellenanyagokat tartalmazó véréből tisztított, ún. konvaleszcens szérumot kell még megemlíteni. (A cikk írása óta más szerekek is folynak kísérletek, és például az antivirális hatású Remdesivir ígéretesnek tűnik.) (mta.hu)



A Richter-Helm Biologics és az INOVIO kibővíti a már meglévő DNS-gyártási megállapodásukat, hogy lehetővé tegyék az INOVIO COVID-19 elleni, INO-4800 nevű, DNS-alapú oltóanyagának nagy volumenű gyártását. Az INO-4800 oltóanyagának jelenleg folynak a fázis 1 klinikai vizsgálatai az Egyesült Államokban, amely a nyár folyamán eljuthat akár a hatásosságot mérő fázis 2/3 klinikai szakaszba is.

Az INOVIO 2014 óta működik együtt a Richter-Helm BioLogics-szal. Az INOVIO a VGXI által kifejlesztett technológiára alapozva fektette le a Richter-Helm BioLogicsnál a saját DNS-alapú gyógyszer platformjához szükséges plazmid kereskedelmi forgalom célú gyártástechnológiáját. A technológia transzfer sikerét korábbi projektek már igazolták.



Az INOVIO nemzetközi együttműködést hozott tető alá partnerekkel és társfinanszírozókkal annak érdekében, hogy minél jobban felgyorsíthassa az INO-4800 fejlesztését. (Richter)



GSK-Sanofi közös vakcinafejlesztés a koronavírus ellen.

A két gyógyszercég innovatív technológiák ötvözésével, az adjuváns eljárás felhasználásával fejleszt Covid-19 elleni vakcinát. A tervek szerint a jelenleg fejlesztés alatt álló vakcina 2020 második felében lép majd a klinikai vizsgálatok fázisába, és amennyiben azok sikerrel járnak, a vakcina 2021 második felében válhat elérhetővé.

A Sanofi az S-protein Covid-19 antigénjével járul hozzá a vakcinafejlesztéshez, amelyet rekombináns DNS-technológiával állít elő. Ez a technológia lehetővé teszi a vírus felületén található S-fehérjék pontos genetikai másának létrehozását, majd ennek az antigénnek a DNS-szekvenciáját kombinálják a baculovírus expressziós platform DNS-ével, amely a Sanofi USA-ban engedélyezett influenza elleni rekombináns védőoltásának az alapja.

A GSK a már bizonyított pandémiás adjuváns technológiáját adja az együttműködéshez. Az adjuváns alkalmazása világjár-



A HÓNAP HÍREI

vány esetén rendkívül fontos lehet, mert használatával csökkenthető az egy adagnyi vakcinához szükséges fehérje mennyisége, így több dózis állítható elő, ami pedig több ember számára nyújthat védelmet a fertőzés ellen.

Egy fehérjealapú antigén és egy adjuváns kombinálása már számos, napjainkban is elérhető vakcina esetében bevett és alkalmazott eljárás. Bizonyos vakcinákhoz hozzáadva az adjuváns fokozza az emberi szervezet immunválasztát, bizonyítottan erősebb és hosszabb ideig fennálló védeltséget biztosít a fertőzések ellen, mint a vakcina önmagában. Emellett adjuváns felhasználásával egy hatékony és a szükséges mennyiségben gyártható vakcina előállításának esélye is növelhető.



A két gyógyszergyártó vállalat a tervek szerint 2020 második felében kezdi meg az I. fázisú klinikai vizsgálatokat, és a cél az, hogy – a vizsgálatok és az engedélyezés sikeressége esetén – a fejlesztés folyamatának lezárására és a vakcina forgalomba hozatalára 2021 második felében kerüljön sor.

A Sanofi korábban már bejelentette, hogy a rekombináns Covid-19-vakcina kifejlesztését az Egyesült Államok Egészségügyi és Szociális Minisztériumának egy hatósága, a BARDA (Biomedical Advanced Research and Development Authority) támogatásával és vele együttműködésben végzi. A két gyógyszerceg a tervek szerint más olyan kormányokkal és nemzetközi intézményekkel is tárgyal majd a gyógyszerfejlesztés anyagi támogatásáról, amelyek számára szintén prioritást jelent a vakcina globális elérhetősége.

A vállalatok közös munkacsoportot hoztak létre, amelynek elnökei David Loew, a Sanofi globális vakcina üzletágának igazgatója, illetve Roger Connor, a GSK vakcina üzletágának elnöke. A munkacsoport mindkét vállalat erőforrásainak felhasználásával igyekszik majd minden lehetőséget megragadva felgyorsítani a vakcina fejlesztését.



Ingyen MOL HYGI a hátrányos helyzetű közösségeknek. A MOL mintegy 15 000 liter ingyen MOL Hygit küld több segélyszervezetnek, önkormányzatoknak. A szállítmányból több ezer litert kap a Magyar Máltai Szeretetszolgálat és a Magyar Vöröskereszt. A szervezetek központjából szállítják tovább az adományokat az ország különböző pontjaiba. A Máltai Szeretetszolgálat több ezer litert visz hátrányos helyzetű közösségeknek szerte az országban. A Magyar Vöröskereszt is országosan a megyei szervezetein keresztül a Családok Átmeneti Otthonától a hajléktalanellátó intézményekig juttatja el a fertőtlenítőket



Akadémiai forrástár, új tanulmányok: biztató jelzés a gyógyszeres kezeléssel, tesztek megbízhatósága, infografika a vakcinákról. Lovász László, az MTA elnöke 2020. március 13-án felhívással fordult az osztályelnökökhöz, kérve, hogy közöljék, ha tudomásuk van olyan új tudományos eredményről, amely hatékonyan bevezethető a COVID-19-pandémia megfékezésére. Az cikkek, információk elérhetők az MTA honlapjáról: https://mta.hu/mta_hirei/akademiai-forrastar-a-covid-19-ellenes-kuzdelemhez-110434

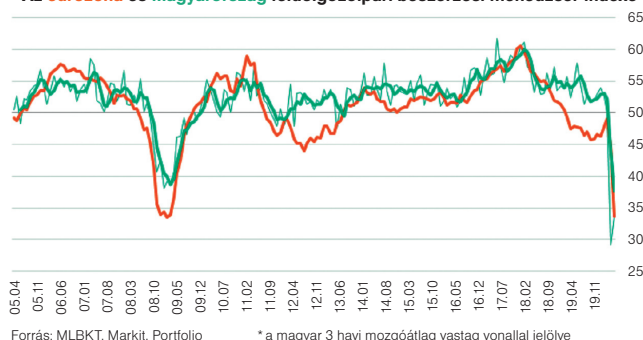


Koronavírus-tesztek: mire kell figyelniük a döntéshozóknak a teszt kiválasztásakor? A nagyobb része használhatatlan a SARS-CoV-2 vírus kimutatására készített teszteknek, amelyekből már közel 300 van a világon. Szakemberek beszámolója alapján Magyarországon is van olyan importált teszt, amelynek a jósló értéke nem éri el a 20%-ot. Kovács L. Gábor laboratóriumi szakorvos és Falus András immunológus, az MTA rendes tagjai a https://mta.hu/tudomany_hirei/koronavirus-tesztek-mire-kell-figyelnie-a-donteshozoknak-a-teszt-kivalasztasakor-110626 oldalon megjelent cikkükben sorra veszik a tesztekkel kapcsolatos problémákat, hangsúlyozva: hazánkban a jó teszt kiválasztásához szükséges szakértelem adott, csak a döntések minden szintjén igénybe kellene venni.



A történelmi mélypont közelében ragadtak a magyar ipari kilátások. Áprilisban 33,6 ponton állt a magyar feldolgozóipar beszerzési menedzserindexe (bmi). Az adat alig jelent javulást a márciusi történelmi mélyponthoz képest (29,1). A magyar bmi pontosan megegyezik az eurózána előzetes adatával, ami azt mutatja, hogy a koronavírus-járvány az egész kontinens ipari szektorát súlyosan érinti.

Az eurozóna és Magyarország feldolgozóipari beszerzési menedzser indexe





A felmérésben vizsgált részindexek jellemzően enyhén emelkedtek a márciusi gigantikus esés után, ám ennek mértéke egy esetben sem érte el a 10 százalékpontot.

A termelési mennyiség indexe nőtt márciusi értékéhez képest, de 50 pont alatt maradván a termelt mennyiség csökkenését jelzi az előző hónappal összevetve, második alkalommal. Ennél mélyebben még sosem volt a részindex értéke áprilisban.

Az új rendelkezések indexe hasonlóan változott: ez is enyhén emelkedett, de 50 pont alatt maradt, illetve történelmi mélypont az áprilisi felmérések között. (*portfolio.hu*)



Jelentősen csökkent 2019-ben az EU kibocsátáskereskedelmi rendszerének (EU ETS) hatálya alá tartozó ipar és energiaművek üvegházhatású gázkibocsátása, ennek hatására az EU-ban a kibocsátás 8,7 százalékkal csökkent tavaly. A megújuló energiaforrásokra történő áttérés az energiaágazat esetében 15 százalékos, az iparnál 2 százalékos csökkenését eredményezett tavaly. A légi közlekedésben viszont 1 százalékos emelkedést regisztráltak. (*mti.hu*)

Ritz Ferenc összeállítása

MKE-HÍREK

Konferenciák, rendezvények

Rendezvéynaptár – 2020

április 3–5.	LII. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny Döntő ELHALASZTVA	Debrecen
április 17–18.	XVIII. Országos Diákvegyész Napok – ELHALASZTVA	Sárospatak
április 20–27.	Mendeleev Olympiad, 2020 – ELHALASZTVA	Budapest
május 6–8.	MKE Biztonságtechnikai Szeminárium, 2020 – ELHALASZTVA	
május 21–23.	Young Researchers' International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (YRICCCE III)	Kolozsvár/ Cluj-Napoca
május 29.	Küldöttközgyűlés – ELHALASZTVA	Budapest
	XXVII. Kémia tanári Nyári Továbbképzés	Eger
	Varázslatos Kémia nyári tábor	Eger
szeptember 21–24.	18 th Central European Symposium on Theoretical Chemistry	Balaton-szárszó
október	Őszi Radiokémiai Napok, 2020	
november 4.	Kozmetikai Szimpózium, 2020	Budapest
november 16–18.	5 th Rubber Symposium of the Countries on the Danube	Szeged
november	Hungarocoat, 2020	Budapest



18th Central European Symposium on Theoretical Chemistry

2020. szeptember 21–24.

Balatonszárszó

A rendezvény honlapja és online jelentkezés:

<https://www.cestc2020.mke.org.hu/>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,

cestc2020@mke.org.hu

5th Rubber Symposium of the Countries on the Danube

2020. november 16–18.

Szeged

A rendezvény honlapja és online jelentkezés:

<https://www.rubber2020.mke.org.hu/>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,

rubber2020@mke.org.hu

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXV. No. 6. June

CONTENTS

<i>Ferrocene-containing heterocycles, derivatives with potential and verified antiproliferative activity</i>	174
ANTAL CSÁMPAI	
<i>Correction of the article: Definition and application of ethanol equivalent: sustainability performance metrics for biomass conversion to chemicals</i>	177
EDIT CSÉFALVAY and ISTVÁN T. HORVÁTH	
<i>Microplastics – also from the viewpoint of textiles</i>	178
CSABA KUTASI	
<i>From nano-teaching to demonstration lessons. Challenges in teacher training</i>	182
EDINA KISS	
<i>Celebrating the 75th volume of the Journal</i>	
<i>An original article by Rezső Bognár and a comment by SÁNDOR ANTUS</i>	186
<i>Cloud Poking</i>	
<i>Hemp as food?</i>	190
DEZSŐ CSUPOR	
<i>From flask to table. Cell-cultured meat to supplement animal meat</i>	191
TIBOR BRAUN	
<i>Psyche: NASA's 14th Discovery mission. Some questions on elemental composition and space mining</i>	195
ILDIKÓ ZIEGLER and ORSOLYA S. MOHAMMED	
<i>Etymological nod. Iron and stars</i>	197
<i>Chembits</i>	
GÁBOR LENTE	198
<i>The Society's Life</i>	200
<i>News of the Month</i>	201



Lépje át a határokat

eddig elérhetetlen LC/MS teljesítménnyel

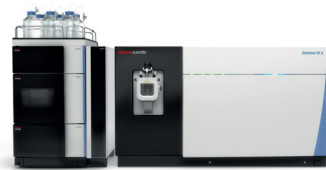
Teljesen új lehetőségek nyíltak meg a komplex analitikai kihívások megoldásában, a kis- és nagymolekulák világában egyaránt. A Thermo Scientific™ Orbitrap™ Tribrid™ nagyfelbontású, nagy tömegpontosságú tömegspektrométerek ötvözik a kiemelkedő szelektivitást, érzékenységet, sebességet és kombinálhatóságot, ezzel lehetővé téve a kimutatási határokat, a mennyiségi meghatározás és az ismeretlen komponensek azonosításában eddig ismert korlátok jelentős túllépését. A Tribrid™ tömegspektrométerek három analizátor típus, a kvadrupól, a lineáris ioncsapda és az Orbitrap™ előnyeit kombinálva teljesen egyedi mérési üzemmódok alkalmazását teszik lehetővé.



Thermo Scientific™ Orbitrap
Eclipse™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap
Fusion™ Lumos™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap
ID-X™ Tribrid™ MS

További információk: thermofisher.com/tribrid

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.
Telefon: +36 1 221 5536
E-mail: unicam@unicam.hu
Web: www.unicam.hu

UNICAM