A TARTALOMBÓL:

A megfelelő szürkeállomány rendelkezésre áll az innovációhoz, csak használni kellene

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

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

Analitikai kémiai kutatások Szegeden

A lap megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap támogatja

Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült

KJELDAHL-N MÉRŐ BERENDEZÉSEK

behr
Labor - Technik
Düsseldorf

Roncsolók:

- termoblokkok és infrás gyorsfeltárók
- mintahelyek: 6, 8, 12, 20, 24, 40
- feltáró térfogat: 100, 250, 400 mL
- programozás: magyar menüből
- tárolható programlépések
- manuális és automata motoros

Gázelszívó és gázmosó (scrubber):

- az elszívófülke helyettesítője
- kétfokozatú gázhűtés és gázmosás
- beépített cseppfogó
- opcionális kiegészítő hűtő specialitás
- erős elszívás, könnyű kezelés

Automata vízgőzdesztillálók:

- 5 kivitel - 5-féle komfortfokozat
- Gyors egyszerű ütem: 3perc/minta
- Standard funkciók: programozható gőzteljesítmény, reakcióidő, desztillálási idő, automata lúgadagolás, USB interfész, LCD kijelző, magyar menü
- Tipusfüggő szolgáltatások: reagenskanna szintfigyelés, automata hígítás, automata leürítés, automata bórsav adagolás, titrálás
- Tárolható programok: 1-99 (tipusfüggő)

Titráló egységek:

- digitális büretták és
- automata titrálók

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

MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA
HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL
LXXIV. évf., 11. szám, 2019. november

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

Szerkesztőség:
Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
SZEKERES GÁBOR örökös főszerkesztő,
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:
ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE, LENTE GÁBOR, NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR, RITZ FERENC, ZÉKÁNY ANDRÁS
Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

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

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

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883
Fax: 36-1-201-8056
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.2019.11

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

KEDVES OLVASÓK!

Amikor e sorokat írom, „még nyílnak a völgyben a kerti virágok”, és napközben élvezhetjük a kora őszi napsugárzás kellemes melegét. Az előrejelzések szerint ugyanakkor napokon belül nagyot fordul időjárásunk, jönnek a borongós, esős napok és jelentősen csökkenni fog a levegő hőmérséklete is. Mire mostani lapszámunk az olvasó kezébe kerül, valószínűleg már a tél első megnyilvánulásaival is találkozott.

Az utóbbi időben mind gyakrabban szembesülünk az időjárás szélsőséges alakulásának megannyi, esetenként egyre nagyobb „amplitúdójú” jelével. E témakörhöz kapcsolódó hír: idén szeptember 23-án New Yorkban rendezték meg az ENSZ tizenharmadik klímakonferenciáját. Ezen minden részt vevő ország felvázolta, hogy éppen mit tesz, valamint a közeljövőben mit kíván tenni a 2015-ös párizsi klímaegyezményben vállalt feladatainak betartásáért, többek között a szélsőséges időjárási jelenségek kiváltó okainak csökkentéséért. Amint várható volt, a világot ugyan nem váltották meg a klímacsúcson részt vevő politikusok, de érdemi elhatározásokat azért bejelentettek. A leglényegesebb történés kétségkívül az volt, hogy több ország növelte pénzügyi hozzájárulását az úgynevezett Zöld Éghajlati Alaphoz. Magyarország is ide tartozik, mi napelemeket és elektromos buszokat ígértünk a klímavédelem érdekében. A klímacsúcson 66 ország fogadta meg, hogy szigorúbban veszi a 2050-es határidőre meghatározott klímasemlegességet és 59 ország mindenképpen szigorít a klímacéljain már 2020-ra is. Ugyanerre a határidőre India, Kína és az Európai Unió is új, hatékonyabb terveket dolgoz ki a témában. Tizennégy magas emissziót produkáló, a kibocsátások 26%-áért felelős ország, köztük az USA, azonban nem kívánja módosítani eddigi célkitűzéseit. Nem sikerült például elérni, hogy 2020 után már ne épüljön több szénerőmű, pedig ez nagyon fontos lenne a 2050-re betervezett karbonsemleges célok eléréséhez. A kép tehát felemás.

Nyilvánvaló ugyanakkor, hogy Földünk jövőjét nem bízhatjuk kizárólag politikusokra, a nagy cégek vezetőire, vagy éppen az ENSZ-re; mindannyiunknak megvan a maga felelőssége ez ügyben. Mindenki hozzájárulhat a változáshoz, anélkül, hogy a másikra várna. Jó hír, hogy egyre többen felismerjük, felismerik ennek jelentőségét: mindaz, amit ma a világban a környezettudatosság növekedése, a fiatal generációk ez irányú, nagyon tudatos és határozott fellépése kapcsán tapasztalunk, mindenképpen biztató, pozitív fejleménynek tekinthető.

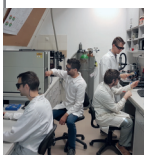
Ahhoz, hogy változást kezdeményezzünk környezetünkben, elengedhetetlen tágabb és szűkebb világunk minél alaposabb megismerése és megértése. Az MKL egyik fő célkitűzése éppen e megismerés támogatása. Mostani lapszámunkat is ennek jegyében állítottuk össze. Az olvasó találkozhat analitikai és szerves kémiai tárgyú közleményekkel, általánosabb kémiai vonatkozású cikkekkel, az ezerjófüvek rejtélyeivel, bepillanthat a mindig sok érdekességet felvonultató Vegyészleletekbe, és interjút közlünk az SZTE Gábor Dénes-díjjal kitüntetett professzorával is.

Kérem, forgassák érdeklődéssel mostani lapszámunkat. Remélem, sikerül néhány kellemesen és hasznosan eltöltött percet szereznünk Önöknek.

Szépvölgyi János
az MKL szerkesztőbizottságának elnöke

TARTALOM

HAZAI KUTATÓMŰHELYEK BEMUTATKOZÁSA
Galbács Gábor, Ilisz István, Galbács Zoltán, Péter Antal: Analitikai kémiai kutatások a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézetében 334
VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY
A megfelelő szürkeállomány rendelkezésre áll az innovációhoz, csak használni kellene. Beszélgetés **Kónya Zoltán** Gábor Dénes-díjas kutatóprofesszorral 340
Tóth Gábor, Vékey Károly, Drahos László, Turiák Lilla: A proteoglikánok és műszeres analitikai vizsgálatuk 342
Bruckner-termi előadás
Csávás Magdolna: Multivalens szénhidrátok szintézise és bakteriális lektinekkel való kölcsönhatásának vizsgálata 344
AZ ELEMEK PERIÓDUSOS RENDSZERÉNEK NEMZETKÖZI ÉVE
Inzelt György: A gabonaszem súlyától az atomsúlyig 346
Lente Gábor: Sosemvolt elemek. Ausztrium 351
KÖNYVISMERTETÉS
Kiss Tamás: Találkozások könyve *(Hargittai István: Mozaikokból egy élet)* 352
Keglevich Kristóf: Könyvgyűjtő alkimista a kora újkori magyar mágnások között – az alkímia pozitív megvilágításban *(Bobory Dóra: Batthyány Boldizsár titkos tudománya)* 353
KITEKINTÉS
Csupor Dezső: Ködpiszkáló. Ezerjófüvek 355
VEGYÉSZLELETEK
Lente Gábor rovata 356
EGYESÜLETI ÉLET
Kardos Zsuzsanna, Szalay Péter, Ifj. Szántay Csaba: MKE Vegyészkonferencia – 2019: egy új irány megvalósítása és értékelése 358
A HÓNAP HÍREI 363



Címlapunkon: Analitikai kémiai kutatások az SZTE Kémiai Intézetében

Galbács Gábor – Ilisz István – Galbács Zoltán – Péter Antal
SZTE Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék | galbx@chem.u-szeged.hu

Analitikai kémiai kutatások a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézetében

Bevezetés

Az analitikai kémia tudományterületi határait mindig is nehéz volt meghúzni, hiszen nagyon sok természettudományos kutatáshoz szükséges a mennyiségi vagy minőségi analitikai kémia valamilyen műszerét, eljárását alkalmazni, ennek megfelelően tágabb értelemben az analitikai kémia művelői közé tartoznak a kereskedelmi műszerek rutin alkalmazásával foglalkozó, más kémiai vagy társtudományi területeken eredményeket elérő kutatók is. A szerkezetvizsgáló, anyagvizsgáló vagy spektroszkópiai módszerek tudományterületi besorolása is nehézkes, részben ezen területek multidiszciplináris jellege miatt. Az analitikai kémiai alapkutatások profilja azonban egyértelmű, hiszen ide sorolandó a kémiai komponensek analízisére szolgáló új műszerek, mérőeszközök kifejlesztése, az analitikai eljárások szelektivitásának vagy érzékenységének fejlesztése, illetve az analitikai mérési adatok új kiértékelési eljárásainak kidolgozása.

Az analitikai kémiával foglalkozó kutatók körének megjelölése a fentiek miatt a Szegedi Tudományegyetem Kémiai Intézetében sem egyszerű és nem független a figyelembe vett időtávlatoktól sem. Így, bár az elmúlt évtizedben jelentős kutatási eredményeket értek el a kémiai szenzorok fejlesztéséhez felhasználható új nanoszerkezetek kutatása területén is például Dékány Imre és munkatársai (Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék), illetve Kukovecz Ákos és munkatársai (Alkalmazott és Környezetkémiai Tanszék), az analitikai kémiai alapkutatások fő felelőse a Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék volt, ezért a jelen áttekintő közleményt is az itteni műhelyekre koncentrálva készítettük el.

A lézer- és plazmaspektroszkópiai kutatócsoport története és eredményei

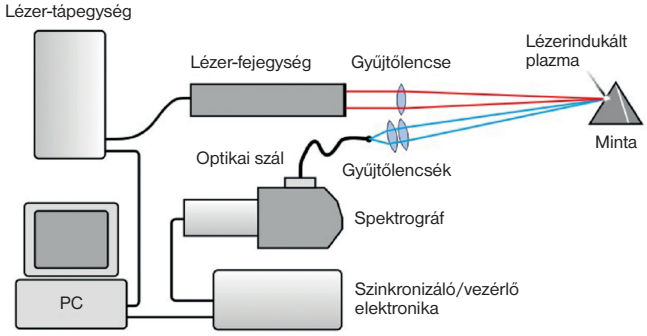
A tanszéki analitikai atomspektroszkópiai módszerfejlesztések, főként láng- és elektrotermikus atomizátoros atomabszorpciós spektrométerekre (FAAS, ETAAS) építve, Veres Sándor, Csikkelné Szolnoki Anna és Galbács Zoltán részvételével kezdődtek, az 1980-as években. Ezek a kutatások, amelyek elsősorban nehézfémek környezeti és biológiai közegekben történő meghatározásához kapcsolódtak, számos ipari és kutatási együttműködéshez vezettek. 1992-ben egy Jobin-Yvon induktív csatolású plazma atomemissziós spektrométer (ICP–AES) is a tanszékre került, ami jelentős bővülést hozott a kutatási projektek és a tudományos eredmények számát tekintve. 1992-ben kapcsolódott be a kutatásokba Galbács Gábor. Az 1990-es évektől már nemzetközi szinten is jelentős eredmények születtek a csoportban az analitikai minta-előkészítési és atomspektroszkópiai mérési eljárások területén, többek között az arzén, ólom és higany különböző közegekben történő analízisével, illetve szilárd minták közvetlen, elektrotermikus elpárologtatóval (ETV) kapcsolt ICP–AES, illetve induktív csatolású plazma-tömegspektrométeres (ICP–MS) elemzésével kapcsolatban (az ETV és ICP–MS műszerek ekkor még csak belga kooperáció formájában voltak elérhetők). A kutatócsoport ebben az időszakban több hazai és nemzetközi körelemzésben, illetve környezetanalitikai irányultságú felmérésben (így például a tiszai cianidszennyezés hatásait vizsgáló kutatásokban) is sikerrel vett részt elemanalitikai módszerek kidolgozásával és alkalmazásával.

Galbács Gábor 1997-ben önálló kutatócsoportot (Lézer- és Plazmaspektroszkópiai Kutatócsoport) alapított, amely azóta is folyamatosan működik. A tanszék korábban analitikai spektroszkópiával foglalkozó kutatóinak fokozatos nyugdíjba vonulásával kb. 2000-től ez a kutatócsoport lett a tanszéki analitikai spektroszkópiai kutatások felelőse. A csoport az azóta eltelt mintegy két évtized alatt jelentősen bővítette kutatási profilját, műszerparkját és kapcsolatait. Kooperációs pályázatok révén az évek során több nagyműszer (Agilent 7700x ICP–MS, Applied Spectra J-200 tandem LA/LIBS spektrométer stb.), optikai, elektronikai és minta-előkészítési eszközök (pl. mikrohullámú feltáró, fluoreszcenciás mikroszkóp, pormentes lamináris fülke, lézerfényforrások, nagy sebességű adatgyűjtők és jelgenerátorok stb.) beszerzésével egy jól felszerelt nyomelemanalitikai és lézerspektroszkópiai laboratórium jött létre. A kutatócsoport közreműködésével eddig hetvennél több hallgatói munka (diplomamunka, szakdolgozat, projektmunka, OTDK-dolgozat) és több PhD-értekezés (pl. Jedlinszki Nikoletta, Metzinger Anikó, Balázs János, Kohut Attila, Kálomista Ildikó) készült el, és jelenleg is három fiatal kolléga (Kéri Albert, Palásti Dávid Jenő, Janovszky Patrick) végzi itt PhD-kutatómunkáját. A csoport az évek során az SZTE TTIK legtöbb tanszékével, de különösen az Optikai és Kvantumelektronikai Tanszékkel, valamint a tanszéken belül a Bioszervetlen Kémiai Kutatócsoporttal közös projekteket hozott létre, emellett kiterjedt kapcsolatrendszert épített ki nemzetközi (belga, amerikai, svéd, német, holland, spanyol, osztrák, lengyel) kutatócsoportokkal, illetve hazai intézmények (pl. MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Wigner Fizikai Kutatóközpont, Debreceni Egyetem, MTA Atommagkutató Intézet, Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Nemzeti Szakértői és Kutató Központ stb.) kuta-

tóival és több kutatás-fejlesztéssel foglalkozó céggel. Számos támogatott kutatási projektet, köztük nemzetközi finanszírozásúakat is, valamint több tucat kutatás-fejlesztési projektet (ezek közül több műszerfejlesztésre irányulót) is sikeresen megvalósított a csoport.

Az elmúlt több mint 20 évben a kutatási profil az analitikai spektroszkópia igen széles spektrumát fedte le. Az eredmények és publikációk közül válogatva az alábbiakban tematikusan, kivonatosan tekintjük át a csoport tevékenységét.

*A **lézerindukált plazmaspektroszkópia (LIBS)*** a kutatócsoport egyik legaktívabb kutatási területe, amelyben műszerépítési és módszerfejlesztési eredmények egyaránt születtek. A LIBS spektroszkópia atomemissziós méréstechnika: egy nagy intenzitású lézerimpulzus mintafelületre való fókuszálása révén a minta anyagát pontszerűen lebontja, és abból rövid élettartamú mikroplazmát hoz létre **(1. ábra)**, amelynek emisszióját egy gyors,

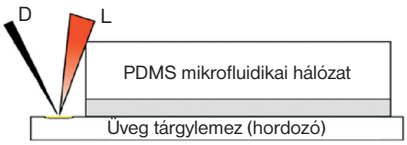


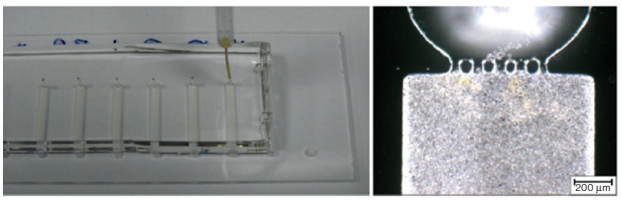
1. ábra. A lézerindukált plazmaspektroszkópia működési elve. Egy nagy intenzitású lézernyaláb fényét a minta felszínére (belsejébe) fókuszáljuk, ami a nagy teljesítménysűrűség miatt a fókuszfoltban a minta anyagát lebontja, és mikroplazmát kelt. A spektrométer (spektrográf) a lézer működésével mikroszekundum pontossággal szinkronizáltan figyeli a rövid élettartamú mikroplazma emissziós spektrumát

szinkronizált működésű spektrométer figyeli meg. A spektrum ujjlenyomatszerűen jellegzetes a mintára, így mennyiségi és minőségi analízist is lehetővé tesz, a minta minimális destrukciója mellett. Gyors, nem igényel minta-előkészítést, távolról is végrehajtható a mérés, és nyomanalitikai, sőt izotópszelektív meghatározást is lehetővé tesz. Robusztussága, sokoldalúsága és a műszer kompaktsága miatt az utóbbi években az ipar egyre több területén, sőt az űrkutatásban (pl. a Curiosity marsjárón) is alkalmazott [1].

A kutatócsoport kísérletei többek között bebizonyították, hogy két vagy több lézerimpulzus és térben integráló detektálás alkalmazásával jelentősen jobb analitikai teljesítményjellemzőket (pl. akár két nagyságrenddel jobb kimutatási határokat, szélesebb koncentrációtartományban való alkalmazhatóságot stb.) lehet elérni, mint a hagyományos LIBS elrendezésekkel [2, 3].

A sikeres kísérleti fejlesztések, K+F projektek közé tartozott a mikrofluidikai chipek készítése és alkalmazása kis (nL–µL) térfogatú folyadékminták LIBS minta-előkészítésének és analízisének elősegítésére ([4], **2. ábra**); veszélyes (pl. radioaktív vagy biológiai) minták terepi mérésére alkalmas, különböző gázatmoszférában is működni képes ablációs cellák fejlesztése, továbbá egy félautomatikus [5], ipari megbízásra készített többimpulzusos LIBS műszer megtervezése és megépítése. Új analitikai módszerek kifejlesztésére is sor került például aranyötvözetek nagy pontosságú analízise [6], biológiai minták nyomelem-eloszlásá-



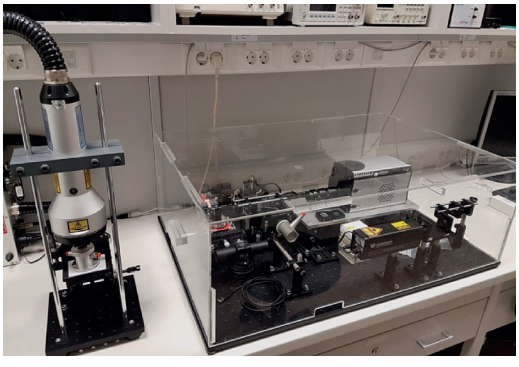


2. ábra. Mikrofluidikai chip egy lehetséges kapcsolása LIBS detektálással, kis térfogatú (nL–µL) folyadékminták előkezelésére, például fémionok kromatográfiás elválasztására. A mikrofluidikai chipből kifolyó folyadék a mikroszkóp tárgylemez-hordozójában kialakított kis gödörben gyűlik össze és szárítható be. Ezután a LIBS-mérés végrehajtható rajta. D = fénygyűjtés iránya, L = gerjesztő lézernyaláb iránya
Lent: a mikrofluidikai chip fotója, a nagyításon a csatornában elhelyezett C–18 kromatográfiás töltet szemcséi is láthatók [4]

nak térképezése, nanorészecskék koncentrációjának meghatározása, urán-oxid nukleáris üzemanyagok nyomszennyezőinek meghatározása céljából [1]. Sikeres kutatási területnek bizonyult a minták osztályozása, azonosítása is LIBS spektrumaik alapján; a kidolgozott módszerek eredményesen alkalmazhatók voltak például szenek, aeroszolok, papírok és nyomatok, forrasztófém ötvözetek vizsgálatára, többek között az energetika, a környezetvédelem és a bűnügyi szakértői tevékenységek területén [7–10].

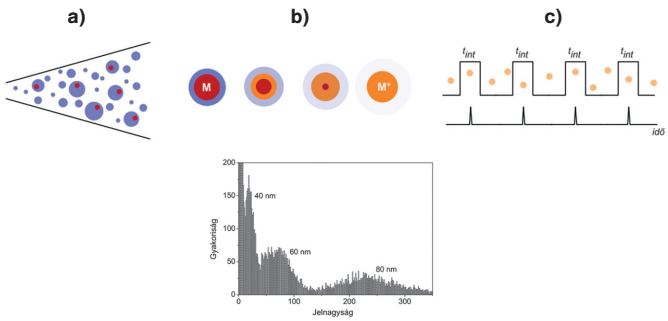
A csoport legújabb LIBS projektjei a térbeli heterodin (spatial heterodyne, SH) detektálási elv gyakorlati megvalósításához kapcsolódnak. Ez a korszerű, interferometrikus detektálási elv az elmélet szerint a szokásos diszperziós spektrométerekénél nagyobb felbontású, nagyobb érzékenységű, kompakt és robusztus spektrométerek létrehozását ígéri. A 2018-ban kezdődött, fizikus kollégákkal együttműködésben végzett projekt egy SH–LIBS spektrométer építésére, optimalizálására, analitikai és optikai karakterizálására, valamint alkalmazására irányul **(3. ábra)**.

3. ábra. Kompakt térbeli heterodin LIBS spektrométer-elrendezés a kutatócsoport laborjában. Bal oldalon: a lézerindukált mikroplazma keltésére szolgáló lézerfényforrás és a mintát befoglaló, zárt ablációs kamra, mely utóbbit szükség esetén szabályozott gázatmoszférával lehet ellátni. Jobb oldalon: az interferometrikus kísérleti elrendezés nagy sebességű kamerával és motorosan mozgatott optikai elemekkel, pormentes környezetben. A rendszer két része között a fényvezetést száloptika biztosítja, ez a képen nem látható



Az évtizedek alatt az ***induktív csatolású plazmaspektrometria*** (ICP–AES, ICP–MS) számára, azt újszerű minta-előkészítési és mintabeviteli eljárásokkal kombinálva számos (ultra)nyomanalitikai módszert fejlesztettek ki, majd alkalmaztak más tudományterületek projektjeiben. Ezek a projektek gyakran irányultak anyagtudományi, bioszervetlen kémiai, környezeti kémiai, gyógyszertudományi, biológiai és geológiai minták elemzésére.

Az utóbbi 4–5 évben született, ide vonatkozó alapkutatási eredmények közül kiemelkednek a nanorészecskék karakterizálására kidolgozott módszerek, amelyek a modern egyrészecske ICP–MS (spICP–MS) méréstechnikán és annak kísérleti fejlesztésén alapulnak. A méréstechnika alapját a nanorészecskék ultrahíg diszperzió formájában való beporlasztásakor rögzített, időfüggő jelprofilok statisztikai kiértékelése képezi (a működési elvet a **4. ábra** mutatja be). A méréstechnika jelképzésével, kísérleti paramétereinek hatásvizsgálatával, zavaró hatásaival és teljesítőképességének felmérésével behatóan foglalkozott a csoport, és elsőként fejlesztett ki új módszereket különböző alakú, összetételű és szerkezetű nanorészecskék többféle tulajdonságának (pl. összetétel, méreteloszlás, kompaktság) vizsgálatára is [11–13]. Az spICP–MS módszerek nagy előnye más, nanorészecskék detektálására és jellemzésére szolgáló módszerekkel szemben, hogy sokoldalú, gyors, nagyon szelektív, diszperziók közvetlen vizsgálatára is alkalmas, és az eredmények statisztikailag megbízhatók, mert több ezer részecske adatainak feldolgozásán alapulnak.



4. ábra. Az egyrészecske ICP–MS módszer jelképzése. Felső sor, balról jobbra: a) nagyon híg vizes közegű nanodiszperzió-minta beporlasztása, cseppekre szétoszlatása, b) a plazmán való áthaladáskor a cseppek oldószertartalmának elpárolgása, a részecskék lebomlása és ionizációja, c) alkalmasan megválasztott integrációs idő mellett a detektor az egyes részecskéktől származó jelcsúcsokat külön regisztrálja. Alsó sor: a jelcsúcsok magassága a részecskékben található anyagmennyiséggel, vagyis a mérettel (térfogattal, tömeggel) arányos; hisztogramon gyakoriság szerint ábrázolva a jeleket, kirajzolódik a méreteloszlás-görbe (a valós adatokon alapuló grafikon arany nanorészecskék keverékének esetét mutatja be)

*A **diódalézeres atomspektrometria*** területén az egyik első eredmény volt a kutatócsoportban egy új, számítógép-vezérelt meghajtóegység kifejlesztése és építése diódalézeres atomspektrometriai kísérletek céljaira [14]. Optikai elrendezések épültek meg a diódalézer fényforrások hangolási jellemzőinek javítására, továbbá az irodalomban elsőként egy hangolható diódalézer fényforrással működő kísérleti elrendezés induktív csatolású plazmaatomforrásban különböző elemek, például lítium, direkt atomabszorpciós (DL–AAS–ICP) és atomfluoreszcenciás (DLEAFS–ICP) meghatározásának céljára [15]. Még jobb teljesítőképesség elérését tették lehetővé a diódalézer fényforrással működő hullámhossz-modulációs atomabszorpciós spektroszkópiai kísérleti elrendezések (WM–DLAAS), amelyekkel Rb esetében 0,6 µg/L, Li esetében 2,2 µg/L kimutatási határértékeket ért el a csoport; ezek a határértékek azóta is a legjobbak [16, 17]. Említésre érdemes még ezen a téren egy mikro-spektrofluoriméter sikeres megépítése is, amely diódalézeres gerjesztéssel, akár 20 µm-es területen (pl. mikrofluidikai csatornában) is képes fluoreszcencia-spektrumokat rögzíteni.

A csoport folyamatosan foglalkozik ***spektroszkópiai adatkiértékelési eljárások*** (pl. új kalibrációs módszerek, jelkorrekciós technikák, statisztikai eljárások) és műszervezérlő számítógépes programok fejlesztésével. Az 1990-es évek elején sikerült megírni az egyik világviszonylatban is első, személyiszámítógép-alapú, grafikus felhasználói felülettel rendelkező röntgenabszorpciós spektroszkópiai (EXAFS) kiértékelő programot. Az évek alatt számos más kémiai rendszerhez, műszeres méréstechnikához, spektrométerhez, szenzorhoz készült vezérlő és adatkiértékelő számítógépes program vagy modell.

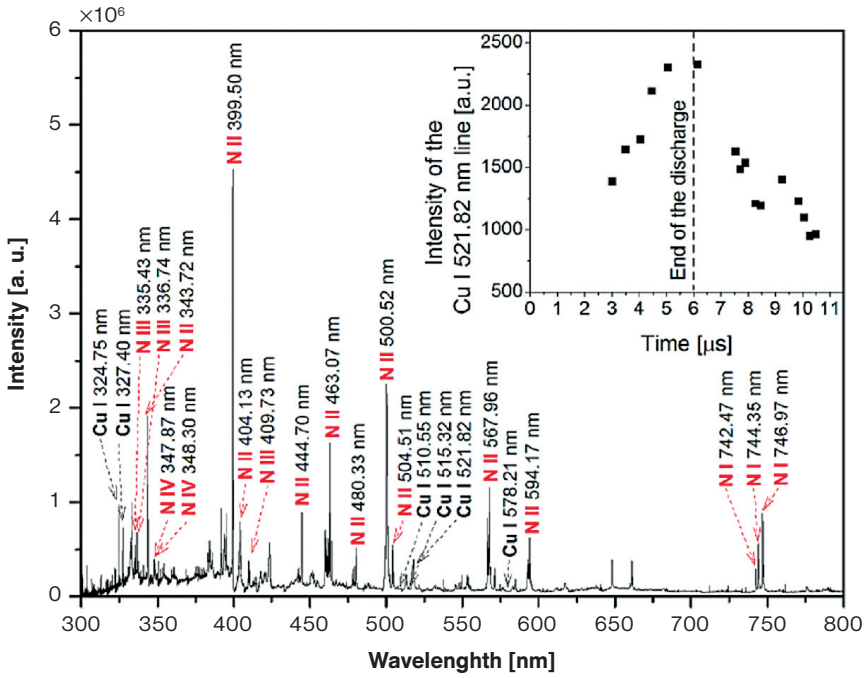
A csoport kidolgozott egy új, a lineáris korrelációs együttható használatán alapuló kalibrációs eljárást, amely előnyösen alkalmazható minden többkomponensű minta összetételének spektroszkópiai úton való meghatározására. Az eljárás a kalibrációhoz az egyik komponens tiszta állapotban felvett spektrumának és a változó összetételű kalibráló minták spektrumának összehasonlításából származó lineáris korrelációs együttható értékét alkalmazza. A módszer robusztus, és nagy előnye, hogy a kalibrációs görbék az alkalmazott spektrométer érzékenységének és/vagy alapvonalának lineáris megváltozása esetén is változatlanul használhatók. Ez az analitikai spektroszkópia gyakorlatában lehetővé teszi, hogy kompakt, hordozható spektrométerek esetén az eltárolt kalibrációs görbéket hosszú időn keresztül is használhassuk [18, 19].

Fizikus és mérnök kollégákkal együttműködve a csoport olyan nemzetközi kísérleti fejlesztésekben is részt vesz, amelyek célja a nanorészecskék új, fizikai elven működő, sokoldalú szikrakisülési plazma keltésén alapuló előállítási eljárásainak kidolgozása, ilyen elvű generátorok építése, illetve a ***szikrakisülési plazmákban lejátszódó folyamatok*** megismerése. Nagy időfelbontású spektroszkópiai és képalkotó eljárások alkalmazásával lehetséges volt részletesen vizsgálni ezen plazmaforrás optikai és elektromos tulajdonságait és ezeknek az előállított nanorészecskék jellemzőivel való összefüggéseit, továbbá az elektródok felületén lejátszódó eróziós folyamatokat [20, 21] **(5. ábra)**. Ezen kutatások eredményei közé tartozik egy benyújtott nemzetközi szabadalom is [22].

Az utóbbi években nemzetközi és hazai együttműködések keretében ***optokémiai szenzorok és molekuláris szondák*** fejlesztésében is közreműködik a kutatócsoport. Ezek az eszközök főként száloptikák, repetitív mikrostruktúrák és fluoreszcenciás jelképzés alkalmazásával működnek, és elsősorban toxikus vagy élettani folyamatok indikálására alkalmas fémionok meghatározására szolgálhatnak [23, 24]. A fejlesztett vegyületek, eszközök alkalmazása elsősorban orvosi diagnosztikai és környezetanalitikai területeken lehet hasznos.

Az elválasztástechnikai kutatások története és eredményei

A Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszéken, a megalakulását követően, széles körű gázreakciókinetikai kutatások indultak, nyomásméréses technikát alkalmazva. Az 1960-as évek közepén házilag egy gázkromatográfiás (GC) készüléket állítottak össze, gőz-



5. ábra. Rézelektródok között, nitrogéngázban keltett szikrakisülési plazma térben és időben integrált emissziós spektruma, a fontosabb spektrumvonalak megjelölésével. A jobb felső sarokban: a réz elektródanyaghoz rendelhető Cu I 521,82 nm spektrumvonal intenzitásának időbeli alakulása a szikrakisülés kezdetétől számítva, mikroszekundumos időskálán. A spektrumvonalak intenzitásából a plazma hőmérsékletének és az elektródanyag koncentrációjának időbeli függését meg lehet határozni, ami a szikrakisüléssel keltett nanorészecskék képződési folyamatait alapvetően befolyásolja [20]

fűtésű termosztáttal, hővezetőképesség-mérő detektorral. Ezzel a készülékkel főleg sav-kloridok hőbomlásának termékeit elemezték. Szabó Zoltán távozása után a gázkinetikai kutatások Huhn Péter vezetésével folytatódtak. Az első komplett gázkromatográf, egy hővezetőképesség-mérő detektorral felszerelt Packard 7800 típusú készülék, 1968-ban érkezett a Tanszékre. Ezen a készüléken szénhidrogének (metán, etán, propán, bután, valamint olefinek) pirolízisének termékeit elemezték. Az 1970-es évek közepén egy Carlo Erba Fractovap 2400 készülék érkezett a tanszékre, lángionizációs detektorral ellátva. Ezzel a készülékkel főleg folyadékfázisú oxidációs reakciók termékeloszlásának meghatározását végezték, valamint azo-alkánok preparatív tisztítását. 1977-ben egy Packard 430 GC került a Tanszékre, amely kapilláriskolonna-csatlakozással, valamint hővezetőképesség-mérő, lángionizációs és nitrogén-foszfor detektorral rendelkezett. Ezzel a készülékkel főleg azo-alkánok termikus bomlásának termékeloszlását vizsgálták, majd később növényvédő szerek elemzésére használták. Az 1980-as évek végére a gázreakció-kinetikai kutatások abbamaradtak, és ezzel a gázkromatográfia is háttérbe szorult.

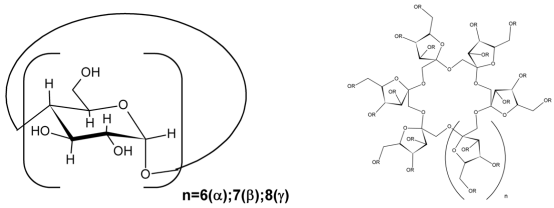
Burger Kálmán tanszékvezető működése alatt új kutatási irányként a nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) fejlődésnek indult. 1987-ben egy Labor–MIM HPLC, majd 1992-ben TEMPUS-támogatással egy Waters HPLC (kis nyomású gradienskképzővel, diódasoros és fluoreszcenciás detektorral) érkezett a Tanszékre, és ezekkel a készülékekkel indultak el a HPLC kutatások Péter Antal irányításával. 2003-ban a Kémiai Tanszékcsoport finanszírozásának köszönhetően egy Agilent GC–MS, HPLC–MS, illetve egy kapilláris elektroforézis-készüléket vásároltunk. Ezeket a készülékeket Dombi András vezetésével elsősorban klórozott szénhidrogének fotokatalitikus átalakításának és környezeti szennyezők nagy hatékonyságú oxidációs eljárásokkal elvégzett mineralizációjának vizsgálatára, az átmeneti termékek azonosítására kezdték alkalmazni.

2005-ben a kromatográfiás műszerpark tovább bővült egy újabb Waters folyadékkromatográffal (nagy nyomású gradienskképző, többcsatornás detektor, automata adagoló). A HPLC kutatási témák Péter Antal vezetésével zajlottak a Tanszéken, és szorosan kapcsolódtak az élettudományi kutatásokhoz. Több biológiai, biokémiai és szerves kémiai intézettel együttműködve a fő kutatási irány az aminosavak, peptidek és rokon vegyületek elválasztásával, új módszerek kidolgozásával foglalkozott. A témák nagy része a királis elválasztások területére esett, de az aminosavak nem királis elválasztása is jelentős hangsúlyt kapott [25].

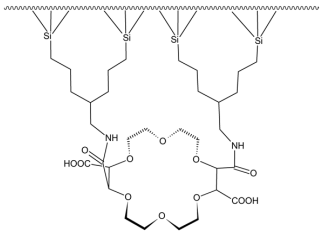
Királis elválasztástechnika. A gyógyszeripar a biológiailag aktív anyagok kutatása területén megkülönböztetett figyelmet szentel a királis vegyületeknek. Az enantiomerek különböző viselkedésének feltérképezése a gyógyszermolekulák esetében óriási jelentőségű, hiszen amíg az enantiomerpárok egyik tagja az elvárt biológiai aktivitással rendelkezve pozitív szerepet játszik (eutomer), addig a másik enantiomer (disztomer) gyakran hatástalan, rosszabb esetben akár nemkívánatos problémákat (mellékhatásokat) okozhat. Királis vegyületekkel természetesen nemcsak a gyógyszeripari termékek között találkozhatunk, az élelmiszer-adalékanyagok, mezőgazdaságban használt vegyszerek vagy éppen az illatanyagok képviselői között is igen jelentős számban fordulnak elő. A tiszta enantiomerek előállítására három lehetséges mód kínálkozik: *1)* racém keverékek elválasztása, *2)* királisan tiszta forrás alkalmazásán alapuló előállítások, *3)* enantioszelektív szintézisek. Bármelyik előállítási módot választják is, elengedhetetlen feltétel a királis tisztaság ellenőrzése. Ebből következően a mai modern elválasztástechnika egyik fontos feladata a királis vegyületek, különösen a biológiai és/vagy gyógyszerkémiai jelentőséggel rendelkező anyagok enantiomerjeinek megkülönböztetése. Akár környezeti, akár élelmiszeripari minták analízise a feladat, akár gyógyszerfejlesztés vagy gyógyszerellenőrzés céljára kell analitikai meghatározást kidolgozni, jól reprodukálható, nagy érzékenységű, sztereoszelektív és robusztus módszerekre van szükség. Ezeknek a feltételeknek leginkább a nagy hatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) felel meg, de természetesen sok esetben a gázkromatográfia, a szuperkritikus fluidkromatográfia (SFC) vagy a kapilláris elektroforézis is megoldást kínálhat a spektroszkópiai technikák alkalmazása mellett.

A Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszéken a királis elválasztások területén folyó kutatásokat Péter Antal vezette be az 1990-es években. Az évek során számos gyümölcsöző együttműködést épített ki a tudományterületen meghatározó jelentőségű

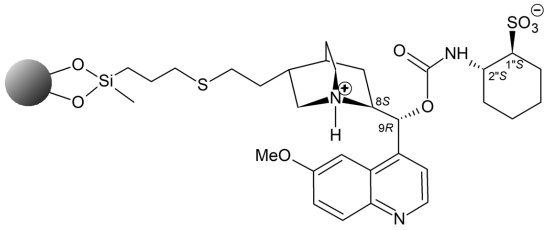
nemzetközi kutatókkal és hazai kutatócsoportokkal. A hazai támogatás mellett a kutatások kivitelezésének elengedhetetlen feltétele volt Péter Antal külföldi partnereinek anyagi hozzájárulása [Dirk Tourwé (Belgium), Daniel Armstrong (USA), Wolfgang Lindner (Ausztria), Myung Ho Hyun (Dél-Korea), Chiral Technologies Europa, Phenomenex]. Vezetésével új, közvetett folyadékkromatográfiás módszereket alkalmaztak nem fehérjealkotó aminosavak és származékaik sztereoizomerjeinek elválasztására. Ehhez a munkához új királis származékképző szereket terveztek és vezettek be. A diasztereomerek elválasztásához igen nagy számú, fordított fázisú kolonna vizsgálatát végezték el. A 2000-es évektől új királis állófázisok felhasználásával közvetlen folyadékkromatográfiás módszereket dolgoztak ki sztereoizomerek elválasztására. Ennek keretében elválasztásokat végeztek koronaéter-, makrociklusos glikopeptid-, ciklodextrin- és cellulózalapú királis kolonnákkal. Néhány gyakrabban alkalmazott királis szelektor szerkezetére a **6. ábrán** mutatunk be példát.



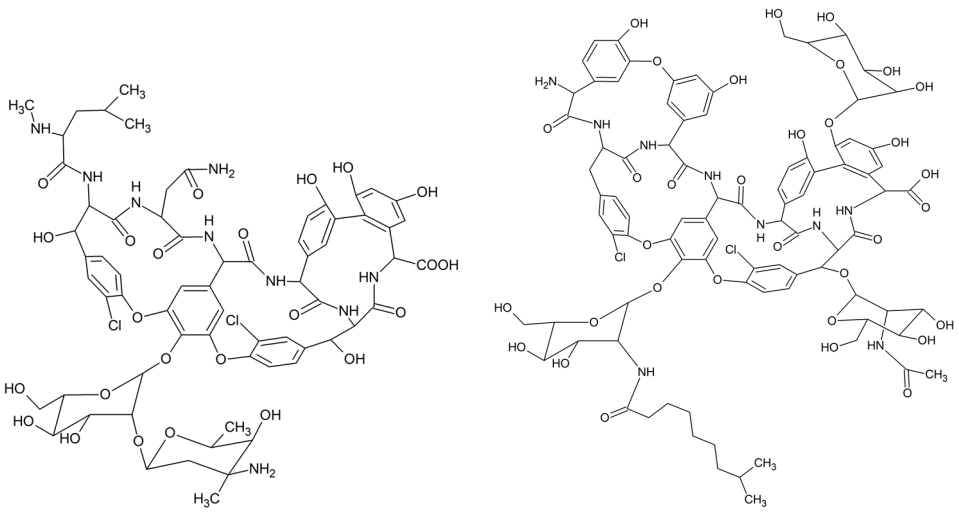
Ciklodextrinek és ciklofruktánok általános szerkezeti sémája



(+)-(18-Korona-6)-2,3,11,12-tetrakarbonsav szelektor szilikagélen rögzítve



Ikerionos Zwix(+)-kolonna szelektora



A vankomicin és a teikoplanin A_{2-2} molekula szerkezete

Az elválasztások hőmérsékletfüggőségének vizsgálatával meghatározott termodinamikai adatok felhasználása segítségével fontos következtetésekre jutottak az elválasztásnál szerepet játszó kölcsönhatások természetére, továbbá a megfelelő állófázis és kromatográfiás munkakörülmények kiválasztására vonatkozóan. A közvetlen folyadékkromatográfiás módszereket aminosav-enantiomerek preparatív előállítására is hasznosították. Ilisz István 2005-ben csatlakozott a Péter Antal vezette kromatográfiás csoporthoz, 2013-tól pedig a kutatócsoport vezetője lett. Az utóbbi évtizedben a kutatócsoport munkája során főként a HPLC technika alkalmazására épülő enantioszelektív elválasztásokat vizsgálta [26–40].

Az enantioszelektív felismerési folyamatok nagyon összetettek, egyértelmű és általánosan érvényes összefüggések csak nagyon ritkán fogalmazhatók meg. A napjainkban leggyakrabban alkalmazott, szilikagélhez kovalens kötéssel rögzített szelektor enantiomerfelismerő képességére épülő királis állófázisok alkalmazásakor a kromatográfiás elválasztás alapja jellemzően az, hogy az elválasztandó enantiomer és a szelektor között kialakuló kölcsönhatások révén időlegesen diaszteromerpár képződik. Az állófázis felületén reverzibilisen végbemenő, diasztereomerpár képződését eredményező reakciókat az (1) és (2) egyenletek szemléltetik. Az eltérő retenciós viselkedés a diasztereomer képződéséhez vezető reakciók egyensúlyi állandóinak különbözőségére vezethető vissza.

$$(R)\text{-Sz} + (S)\text{-E} \overset{K_S}{\rightleftharpoons} [(R)\text{-Sz} \text{ --- } (S)\text{-E}] \quad (1)$$

$$(R)\text{-Sz} + (R)\text{-E} \overset{K_R}{\rightleftharpoons} [(R)\text{-Sz} \text{ --- } (R)\text{-E}] \quad (2)$$

A fenti egyenletekben (*R*)-Sz az R konfigurációjú szelektort, (*S*)-E és (*R*)-E az *S* vagy *R* konfigurációjú enantiomert, K_S és K_R az *S* vagy *R* konfigurációjú enantiomer által a szelektorral kialakított diasztereomer-komplexképződés egyensúlyi állandóját jelöli.

A kutatócsoport vizsgálatait általában kettős cél jellemzi: egyrészt az együttműködő partnereink által előállított anyagok enantiomertisztaságának jellemzésére alkalmas módszer fejlesztése, ahol a rendelkezésre álló királis állófázisok alkalmazásával feltérképezik, hogy a különböző állófázisok közül melyeket érdemes az adott feladatra felhasználni, másrészt egy adott állófázis tulajdonságainak, elválasztóképességének, enantioszelektivitásának kromatográfiás jellemzése különböző modellvegyületek segítségével.

A kutatócsoport elsődleges célja a szelektor és a mintavegyület molekuláris szerkezete és a retenciós tulajdonságok közötti összefüggések feltárása. A vizsgált potenciális farmakonok eltérő biológiai és kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek, de a szerkezeti analógiák és a vizsgálatok során alkalmazott királis állófázisok jó alapot szolgáltatnak a szerkezet és a retenciós tulajdonságok között megfigyelt összefüggések értelmezésére. Az alapkutatást szolgáló vizsgálatok során az alábbi főbb célok fogalmazhatók meg:

6. ábra. Néhány gyakrabban alkalmazott királis szelektor szerkezete

- potenciális farmakonok mint modellvegyületek vizsgálatával az enantioszelektív elválasztás során alkalmazható királis szelektorok feltérképezése,
- a modellvegyületek kromatográfiás paramétereinek meghatározásán keresztül az eluens-összetétel és a különféle adalékok minősége és mennyisége elválasztásra gyakorolt hatásának értelmezése,
- jelentős szerkezeti analógiát mutató vegyületek segítségével a szerkezeti jellemzők változtatásával járó hatások tanulmányozása, a szerkezet királis felismerésre gyakorolt hatásának értelmezése,
- a hőmérséklet kromatográfiás paraméterekre gyakorolt hatásának tanulmányozása, termodinamikai paraméterek meghatározása, az elválasztási folyamatokban tapasztalt azonosságok és különbségek termodinamikai értelmezése,
- az elválasztás lehetséges mechanizmusának feltérképezése.

Az említett kutatási feladatok eredményeit hasznosítva lehetőség nyílik gyógyszerkémiai és biológiai jelentőséggel rendelkező, királisan tiszta vegyületek élő szervezetekben kifejtett hatásának tanulmányozására, célzott hatású készítmények kifejlesztésére. A szerkezet és a retenciós sajátságok felderítése tudományos alapot biztosít a folyadékkromatográfiás királis állófázisok alkalmazási körének bővítéséhez, új típusú állófázisok tervezéséhez. A kutatócsoport által kidolgozott új, közvetlen nagy hatékonyságú folyadékkromatográfiás meghatározások alkalmasak az enantiomerek elválasztására, alapul szolgálhatnak különféle hatóanyagok királis tisztaságának ellenőrzésére, preparatív elválasztások kidolgozására.

A királis elválasztások területén a kromatográfiás szempontból nagyon hatékony UHPLC-típusú királis oszlopok bevezetése jelenti napjainkban az egyik legnagyobb kihívást. Megjelentek a 2 µm-nél kisebb átmérőjű, teljesen porózus részecskékkel, illetve a részlegesen porózus (mag-héj szerkezetű) részecskékkel töltött oszlopok, melyekkel növelhető az oszlop csúcskapacitása és csökkenthető az elemzési idő. A Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékről 2018-ban a Gyógyszerésztudományi Kar Gyógyszeranalitikai Intézetébe átköltözött elválasztástechnikai kutatócsoport a jövőben az ultranagy hatékonyságú és a kétdimenziós rendszerek alkalmazási lehetőségei fele kíván elmozdulni, követve ezzel az elválasztástechnika legújabb trendjeit.

Zárszó

Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy az analitikai kémiai alapkutatások (sok más tudományterület alapkutatásaihoz hasonlóan) az utóbbi egy-két évtizedben az egész világon jelentősen visszaszorultak, illetve átstrukturálódtak – a kutatások lényegében már csak a spektroszkópia, elválasztástechnika és szenzorika területén intenzívek. Véleményünk szerint a folyamatokat alapvetően meghatározza, hogy mára az analitikai mérési feladatok többsége csak műszeres eljárásokkal végezhető el, az analitikai műszerek zöme pedig eléggé elterjedt, sorozatgyártott, nagymértékben automatizált. Ebből adódóan alapszintű, rutin alkalmazásukhoz egyre kevesebb szakmai hozzáértés szükséges. Így az analitikusok legtöbbje ma valójában nem közvetlenül analitikai kémiai alapkutatással foglalkozik, hanem olyan mérési eredmények előállításával, amelyek más területek alapkutatási eredményeihez járulnak hozzá. Mindazonáltal az analitikai alapkutatás nem szűnt meg, azonban az ehhez szükséges ismeretekkel egyre kevesebben rendelkeznek. Úgy gondoljuk, hogy ezért is különösen értékesek a még megmaradt hazai analitikai kémiai alapkutatási műhelyek, amelyek fenntartása, támogatása a tudomány és a társadalom számára egyaránt fontos lenne.

HIVATKOZÁSOK

[1] G. Galbács, Anal. Bioanal. Chem. (2015) 407, 7537.
[2] G. Galbács, V. Budavári, Zs. Geretovszky, J. Anal. At. Spectrom. (2005) 20, 974.
[3] N. Jedlinszki, G. Galbács, Microchem. J. (2011) 97, 255.
[4] A. Metzinger, A. Nagy, A. Gáspár, Zs. Márton, É. Kovács-Széles, G. Galbács, Spectrochim. Acta (2016) 126B, 23.
[5] A. Metzinger, É. Kovács-Széles, I. Almási, G. Galbács, Appl. Spectrosc. (2014) 68, 789.
[6] G. Galbács, N. Jedlinszki, G. Cseh, Z. Galbács, L. Túri, Spectrochim. Acta (2008) 63B, 591.
[7] A. Metzinger, D.J. Palásti, É. Kovács-Széles, T. Ajtai, Z. Bozóki, Z. Kónya, G. Galbács, Energy Fuels (2016) 30, 10306.
[8] G. Galbács, N. Jedlinszki, A. Metzinger, Microchem. J. (2013) 107, 17.
[9] A. Metzinger, R. Rajkó, G. Galbács, Spectrochim. Acta (2014) 94B, 48.
[10] D. J. Palásti, A. Metzinger, T. Ajtai, Z. Bozóki, B. Hopp, É. Kovács-Széles, G. Galbács, Spectrochim. Acta (2019) 153B, 34.
[11]I. Kálomista, A. Kéri, D. Ungor, E. Csapó, I. Dékány, T. Prohaska, G. Galbács, J. Anal. At. Spectrom. (2017) 32, 2455.
[12] A. Kéri, I. Kálomista, D. Ungor, Á. Bélteki, E. Csapó, I. Dékány, T. Prohaska, G. Galbács, Talanta (2018) 179, 193.
[13] A. Sápi, A. Kéri, I. Kálomista, D. G. Dobó, Á. Szamosvölgyi, K. L. Juhász, Á. Kukovecz, Z. Kónya, and G. Galbács, J. Anal. At. Spectrom. (2017) 32, 996.
[14] G. Galbács, Z. Galbács, and Zs. Geretovszky, Microchem. J. (2002) 73, 7327.
[15] G. Galbács, Z. Galbács, O. Axner, Zs. Geretovszky, Spectrochim. Acta (2005) 60B, 299.
[16] G. Galbács, Appl. Spectrosc. Rev. (2006) 41, 259.
[17] O. Axner, G. Galbács: Laser spectrometric techniques in analytical atomic spectrometry, Encyclopedia of Analytical Chemistry, Wiley, 2012.
[18] G. Galbács, I. B. Gornushkin, B.W. Smith, J. D. Winefordner, Spectrochim. Acta (2001) 56B, 1159.
[19] G. Galbács, I. B. Gornushkin, J. D. Winefordner, Talanta (2004) 63, 351.
[20] A. Kohut, L. Ludvigsson, B.O. Meuller, K. Deppert, M.E. Messing, G. Galbács, Zs. Geretovszky, Nanotechnol. (2017) 28, 475603.
[21] A. Kohut, G. Galbács, Zs. Márton, Zs. Geretovszky, Plasma Sources Sci. Technol. (2017) 26, 045001.
[22] Eljárás és berendezés szikrakisülési részecskegenerátor monitorozására (Galbács Gábor, Geretovszky Zsolt, Kohut Attila), P1900246.
[23] I.L. Szekeres, S. Bálint, G. Galbács, I. Kálomista, T. Kiss, F. H. Larsen, L. Hemmingsen, A. Jancsó, Dalton Trans. (2019) 48, 8327.
[24] G. Galbács, H. Szokolai, A. Kormányos, A. Metzinger, L. Szekeres, C. Marcu, F. Peter, C. Muntean, A. Negrea, M. Ciopec, A. Jancsó, Bull. Chem. Soc. Japan (2016) 89, 243.
[25] Szepesy L.: A kromatográfia és rokon elválasztási módszerek története és fejlesztése Magyarországon, Edison House Kft., Budapest, 2007.
[26] I. Ilisz, A. Bajtai, W. Lindner, A. Péter, J. Pharm. Biomed. Anal. (2018) 159, 127.
[27] A. Bajtai, G. Lajkó, I. Szatmári, F. Fülöp, W. Lindner, I. Ilisz, A. Péter, J. Chromatog. A (2018) 1563,180.
[28] R. Sardella, A. Macchiarulo, F. Urbinati, F. Ianni, A. Carotti, M. Kohout, W. Lindner, A. Péter, I. Ilisz, J. Sep. Sci. (2018) 41, 1199.
[29] T. Orosz, E. Forró, F. Fülöp, W. Lindner, I. Ilisz, A. Péter, J. Chromatog. A (2018) 1535, 72.
[30] T. Orosz, N. Grecsó, G. Lajkó, Z. Szakonyi, F. Fülöp, D. Armstrong, I. Ilisz, A. Péter, J. Pharm. Biomed. Anal. (2017) 145, 119.
[31] G. Lajkó, N. Grecsó, G. Tóth, F. Fülöp, W. Lindner, I. Ilisz, A. Péter, Chirality (2017) 29, 225.
[32] G. Lajkó, N. Grecsó, G. Tóth, F. Fülöp, W. Lindner, A. Péter, I. Ilisz, Molecules (2016) 21, 1579, 1.
[33] N. Grecsó, E. Forró, F. Fülöp, A. Péter, I. Ilisz, W. Lindner, J. Chromatog. A (2016) 1467, 178.
[34] G. Lajkó, N. Grecsó, R. Megyesi, E. Forró, F. Fülöp, D. Wolrab, W. Lindner, A. Péter, I. Ilisz, J. Chromatog. A (2016) 1467, 188.
[35] G. Lajkó, T. Orosz, N. Grecsó, M. Palkó, F. Fülöp, W. Lindner, A. Péter, I. Ilisz, Anal. Chim. Acta (2016) 921, 84.
[36] N. Grecsó, M. Kohout, A. Carotti, R. Sardella, B. Natalini, F. Fülöp, W. Lindner, A. Péter, I. Ilisz, J. Pharm. Biomed. Anal. (2016) 124, 164.
[37] I. Ilisz, N. Grecsó, R. Papoušek, Z. Pataj, P. Barták, L. Lázár, F. Fülöp, W. Lindner, A. Péter, Amino Acids (2015) 47, 2279.
[38] G. Lajkó, I. Ilisz, G. Tóth, F. Fülöp, W. Lindner, A. Péter, J. Chromatog. A (2015) 1415, 134.
[39] I. Ilisz, N. Grecsó, E. Forró, F. Fülöp, D.W. Armstrong, A. Péter, J. Pharm. Biomed. Anal. (2015) 114, 312.
[40] A. Aranyi, I. Ilisz, A. Péter, F. Fülöp, C. West, J. Chromatog. A (2015) 1387, 123.

A megfelelő szürkeállomány rendelkezésre áll az innovációhoz, csak használni kellene

Beszélgetés Kónya Zoltán Gábor Dénes-díjas kutatóprofesszorral

Amint arról lapunk hasábjain is hírt adtunk, a 2018. évi Gábor Dénes-díj egyik kitüntetettje Kónya Zoltán, a Szegedi Tudományegyetem tanszékvezető egyetemi tanára és tudományos rektorhelyettese. Bár kicsit elhúzódott az interjú megjelenése, az időközben történtek a téma aktualitását mit sem csökkentik. Mivel Kónya Zoltánnal több mint 20 éve kollégák vagyunk, engedjék meg, hogy a beszélgetés során tegeződjünk.

A díjat a nanocsövek és nanokompozitok előállításáért és azok ipari alkalmazása területén elért munkásságodért kaptad. A díjátadón nyilatkoztad, hogy a díj megerősít abban, hogy a tudományt az innováció irányába vigyük. Munkátok valóban megvalósítja a kutatás, a fejlesztés és az innováció egységét. Kifejtenéd ezt néhány konkrét példán is?

Amikor sok-sok évvel ezelőtt elkezdtem a diplomamunkámat, majd a PhD-témámat, fel sem merült bennem ez a kérdéskör. Azért lettem kutató, mert érdekel a körülöttem lévő világ, és szeretnék minél többet megismerni és megérteni belőle. Idővel aztán többször is előkerült az a gondolat – először csak röpke ötletek szintjén, azután komolyabban is –, hogy mit lehetne az új eredményekkel, az új tudással kezdeni a hétköznapokban. Ebben a folyamatban nagy szerepet játszott témavezetőm és mentorom, Kiricsi Imre professzor, akinek már akkor több szabadalma volt különböző területeken.

A nagy „lökés” akkor érkezett, amikor 1997-től szén nanocsövekkel foglalkoztam Belgiumban, B. Nagy János professzor laboratóriumában. Ezek a nanoszerkezetek teljesen újak voltak még akkor (1991-ben fedezték fel őket!), és nyilvánvaló volt, hogy komoly tudományos és ipari/gazdasági potenciál rejtőzik bennük. Ekkor született az első szabadalmunk, amit azóta is használnak. Ebben az esetben az segített a tudományos eredmények „piacosításában” és gazdasági hasznosításában, hogy nagyfokú igény mutatkozott a szén nanocsövek ipari alkalmazására, és a mi kutatásaink világszinten is élenjárók voltak a területen.

Ezután már tudatosan kerestem/kerestük a lehetőségeket, hogyan lehet az eredményeinket hasznosítani – ehhez folyamatosan tárgyaltunk az ipari partnerekkel. Azt ugyanis meg kell érteni, hogy abból magában nagyon ritkán lesz fejlesztés és innováció, ha valaki a laborban „l’art pour l’art” kutatgat; a legtöbb esetben – az én esetemben mindig így volt – szükség van egy ipari „gondolatra”, aminek a megoldása vezethet hasznosítható eredményekhez és a végén az innovációhoz. És ez az ipari „gondolat” vagy igény nem feltétlen egy kidolgozott ötlet, sőt a legtöbb esetben csak egy szikra, amiből a végén tüzet lehet csiholni.

Munka közben

A tudományos kutatásban jól állunk. Minőségi egyetemeink és az MTA kutatóintézményei jórészt közel világszínvonalon dolgoznak. A fejlesztésben is – köszönhetően az újabb időkben elterjedőben levő, közös ipari és kutatási pályázatoknak – szintén növekvő eredményességgel tevékenykedünk. A baj a kormányzat meglátásával és a teljes piaci megvalósulással járó innovációval van, amelyre a nemzetközi trendek is utalnak. Hogy látod a saját kutatási területeden: mennyire volt nehéz partnert találni az egyes fázisok sikeres megvalósításához?

Ezzel teljesen egyetértek; kutatási potenciálunk igen komoly, amint azt a számtalan nemzetközi dolgozat és az azokra kapott hivatkozások is mutatják. Ugyanakkor azt is meg kell érteni, hogy az innováció nem egyenlő automatikusan azzal, hogy sok pénz érkezik a kutatás-fejlesztésbe – ez egy hosszú út, aminek mi Magyarországon az elején vagyunk. Látni kell, hogy az oktatásunk struktúrája nem így van felépítve; sokkal inkább a tudás megszerzésére ösztönözzük már az általános iskolától fogva a gyerekeket (ez jellemzően passzív tudás), és nem a tudás aktív használatára. Ahhoz, hogy Magyarországon a K+F+I lánc megfelelően működjön, már az általános iskolákban is szemléletváltásra van szükség. Jelenleg ott tartunk, hogy az egyetemeken megpró-

báljuk a hallgatókat bevonni a K+F+I tevékenységbe, ami nagyon jól is működik, de még egyszer mondom, ezt a szemléletet sokkal korábban el kell kezdeni átadni.

Konkrétan a kérdésre válaszolva: nem éreztem soha nehéznek ipari partnereket találni közös munkára, de tudni kell, hogy különböző statisztikák szerint a magyar kkv-k nagyon kis része akar ténylegesen és aktívan innoválni, ami probléma, és véleményem szerint visszavezethető a fentebb említett „régi vágású" szemlélethez.

Mivel lehetett a partnereket az egyes lépésekben együttműködésre kapacitálni, katalizálni?
Az ipari partnereket az érdekli, hogyan lehet a termékük/tevékenységük/szolgáltatásuk színvonalát emelni, és hogyan lehet a költségeket csökkenteni. Ha a kutatói háttér ezekre valamiféle lehetőséget tud adni, illetve ezt a lehetőséget megfelelően be is tudja mutatni, akkor az ipari partnereket nem kell ezen túl motiválni. Természetesen itt nagyon fontos a bizalom; azt vallom, hogy először adni kell valamit az ipari partnernek, és ha az a valami működik (legyen ez egy új anyag, egy módosított technológia vagy bármi hasonló), akkor érdemes konkrétan projektről és pénzről beszélni.

Vannak olyan vélekedések, hogy az innováció nem elsősorban szürkeállomány, hanem pénz kérdése. Mi a véleményed erről?
A kkv-knak ma már nagyon sok lehetőségük van arra, hogy innovatív megoldásokkal kisebb-nagyobb mértékben megváltoztassák, módosítsák a tevékenységüket. Ilyen lehetőségek vannak Magyarországon is, de közvetlen uniós források is rendelkezésre állnak erre. Ugyanakkor az első lépések megtétele mindig a legnehezebb; ha az első lépések sikeresek, akkor már könnyebben mennek a következők, ha viszont nem, akkor az évekre visszavetheti az adott kkv ilyen irányú gondolkodását. Ezért van szükség az egyetemek és kutatóintézetek segítségére, mert ahogy mindketten gondoljuk és hisszük, a megfelelő szürkeállomány rendelkezésre áll, csak használni kellene. Véleményem szerint tehát ez nem pénz kérdése, egyszerűen sokszor nincs igény a fejlődésre, a kkv-k inkább a fennmaradásra koncentrálnak. De nem vethetjük el a kutatói felelősséget sem! Kutatóink nagy része még mindig a tudomány „elefántcsonttoronyából" figyeli az eseményeket. Sokkal több kutatói-ipari találkozásra lenne szükség, mert azok a bizonyos fentebb említett ipari „gondolatok" ezeken a találkozókon kerülhetnek elő, és ezeknek a szárba szökkenéséből jöhetnek létre azok a projektek, melyek végül az innovációhoz vezethetnek.

Mint a Szegedi Tudományegyetem rektorhelyettese már van valami rálátásod az egyetem kutatási tevékenységére. Hogy látod az egyetem innovatív kutatási potenciálját?
Kincstári optimizmusnak hangzik, de tényleg úgy gondolom, hogy a Szegedi Tudományegyetem mind tudományos potenciáljában, mind a kutatási eredmények hasznosításában is élen jár országosan. Természetesen vannak karaink, ahol ez a tevékenység erőteljesebb, és van, ahol kevésbé, de minden karunkban megvan a megfelelő lehetőség. Persze van még hová fejlődni. Sokat dolgozunk az egyetem Kutatás-fejlesztési és Innovációs Igazgatóságával azon, hogy minél szélesebb körben tudjuk segíteni azt a folyamatot, amikor egy ötletből projekt, majd új szellemi termék keletkezik.

Természetesnek tűnik, hogy nem lehet ugyanazt az innovációs képességet elvárni egy természettudományos projekttől, mint egy magyar irodalomtörténeti kutatástól. Ugyanakkor mindkettő nélkülözhetetlen eleme lehet egy ország kutatási potenciáljának.

A családdal, a Gábor Dénes-díj átvételekor

Nem gondolom, hogy ily módon meg kellene különböztetni egy természet-, társadalom- vagy gazdaságtudományos projektet. Bármilyen területen is jön létre egy szellemi termék, az ugyanolyan súllyal esik latba egyetemünkön, amikor azt gondozzuk – legyen szó itt akár a szabadalmaztatásról, akár a hasznosítási tárgyalásokról.

Az elmúlt évtizedben a kormányzat részéről a felsőoktatás és a kutatás területén erős központosítási törekvések jelentek meg. Hogyan látod, mennyire engedik az egyetem kezében megmaradt döntési lehetőségek, hogy az intézmények megfeleljenek alapvető kötelességüknek a fiatal generáció magas színvonalú felsőfokú képzése és a nemzetközi tudományos K+F+I-ben való minél eredményesebb részvétel terén?
Egyetemünk, véleményem szerint, oktatási és kutatási területen teljesen független és autonóm. Egyrészt nem tapasztaltam olyan jeleket a rektori hivatalban, ami ezt kétségessé tenné, másrészt nem is hiszem, hogy a 21. században Európában ezt az autonóm jelleget bárki is megkérdőjelezné – legyen akár tudós, politikus, vagy bárki más. Természetesen a politikai folyamatok hatással vannak a magyar egyetemekre, ami furcsa érzés, de az SZTE-n eddig is és ezentúl is a minőség és a tudás a legfontosabb. A rektori vezetés elkötelezett, hogy egyetemünk a kutatás, az oktatás, a betegellátás és a társadalmi hasznosság területén is megerősítse régiós és országos vezető szerepét, sőt nemzetközileg is fokozni szeretnénk a láthatóságunkat.

Az SZTE-n nagyszámú akadémiai kutatócsoport működik. Az Országgyűlés által elfogadott törvény szerint ezeknek 2019. szeptember 1-től megváltozik a jogállása. Tudjuk, mi lesz az ott dolgozók sorsa?
Tudomásom szerint az akadémiai kutatócsoportok esetén csak a finanszírozó változott, a szakmai munka tovább folytatódik minden egyéb változás nélkül. Ezt mint rektorhelyettes és mint az MTA–SZTE Reakciókinetikai és Felületkémiai Kutatócsoport vezetője is remélem.

Talán zárhatom egy könnyebb kérdéssel. Remek gárdát sikerült összegyűjtened az Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszéken. Hol töltöd szívesebben manapság az idődet: a Tanszéken vagy a Rektori Hivatalban?
Még mindig elsősorban kutatónak érzem magam.

Kívánunk pályádon további szakmai és közéleti sikereket! A magánéletben pedig teljességet, kiegyensúlyozottságot, hogy ehhez meglegyen a biztos háttér! **Kiss Tamás**

Tóth Gábor – Vékey Károly – Drahos László – Turiák Lilla

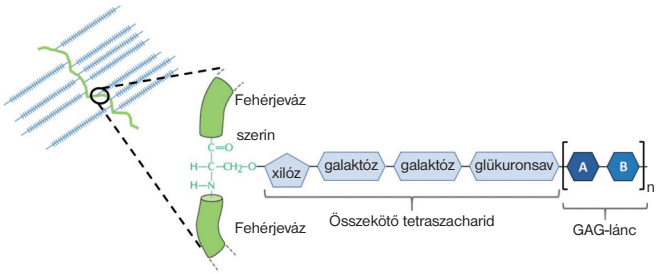
Természettudományi Kutatóközpont, Szerves Kémiai Intézet, MS Proteomika Kutatócsoport | toth.gabor@ttk.mta.hu | vekey.karoly@ttk.mta.hu | drahos.laszlo@ttk.mta.hu | turiak.lilla@ttk.mta.hu

A proteoglikánok és műszeres analitikai vizsgálatuk

A proteoglikánok felépítése, funkciói

A fehérjék napjaink egyik leginkább vizsgált vegyületei, orvosi, biológiai, kémiai és gyógyszertudományi irányokban egyaránt. A fehérjék biológiai funkciójuk betöltéséhez számos változáson mennek keresztül szintézisüket követően. Kialakul a másodlagos, harmadlagos és negyedleges szerkezet, a peptidlánc egyes terminuszai enzimatikusan lehasadnak, valamint létrejönnek az ún. poszt-transzlációs módosulások (PTM-ek) a fehérjéken. A PTM olyan kovalens módosítást jelent, mely során nem fehérje jellegű csoportok kapcsolódnak a fehérjéhez vagy távoznak el róla. A leggyakoribb módosulások az oxidáció, nitrálódás, metiláció, acetiláció, ubikvitináció, glikoziláció és foszforiláció. A PTM-ek nem egyszerű „dekorációként" szolgálnak, hanem alapvetően befolyásolják az egyes fehérjék aktivitását, lokalizációját, életidejét, valamint más fehérjékkel való kölcsönhatásait.

Napjainkban az egyik leggyakrabban vizsgált PTM a glikoziláció, amely során szénhidrát-szerkezetek kapcsolódnak a fehérje meghatározott aminosavjainak oldalláncához, és így glikoproteinek jönnek létre. Ezek egy alosztályát képzik a proteoglikánok, amelyek esetén nagyméretű lineáris poliszacharidok (glükózaminoglikánok, GAG-ok) kapcsolódnak a fehérjevázhoz. A kapcsolódás szerineknél, tetraszacharid összekötő régión keresztül történik. A proteoglikánok sematikus szerkezetét az **1. ábra** mutatja.



1. ábra. A proteoglikánok általános szerkezeti felépítése. A központi fehérjékhez kapcsolódó GAG-ok ismétlődő diszacharid-egységekből állnak (A: hexuronsav/galaktóz, B: hexózamin)

A proteoglikánok két fő elhelyezkedési területe a sejt felszíne és az extracelluláris mátrix (ECM). Az ECM főbb komponensei a szakítószilárdságot és rugalmasságot biztosító rostba rendeződő fehérjék (pl. kollagének és elasztinok), a tapadást biztosító glikoproteinek (pl. fibronektin, laminin) és az erőhatásoknak ellenálló hidrogéles szerkezetet létrehozó proteoglikánok. A proteoglikánok változatos szerkezetüknek köszönhetően számos sejtműködést (például jelátvitelt, növekedést vagy apoptózist) befolyásoló funkcióval rendelkeznek.

Tumoros környezetben jelentős változások következnek be a proteoglikánok szerkezetében, azonban a változások okai és következményei jelenleg nem ismertek.

A fehérje-GAG interakcióknak számos funkciója lehet: egyszerű immobilizálás vagy proteolízis elleni védelem, de akár a fehérje biológiai funkciójának szabályozása is. Az ilyen és más interakciók miatt a proteoglikánok számos biológiai folyamatban kritikus szerepet játszanak, például szervképzés a fejlődés embrionikus szakaszában, angiogenezis, véralvadás szabályozása vagy a lipidek metabolizmusa. Ez a széles szerepkör nagy érdeklődésre tart számot, a funkció és a szerkezet kapcsolatának megértése mind analitikai, mind biológiai szempontból érdekes és bonyolult feladat.

A proteoglikánok jelentős szerkezeti változatosságot mutatnak: számos fehérje alkothatja a vázat, egy vagy két GAG-osztályba tartozó poliszacharid is kapcsolódhat hozzájuk, a kapcsolódó GAG-láncok száma egytől (dekorin) több százig (aggrekán) terjedhet, valamint az egyes GAG-láncok szerkezete (szulfátáltsága) is nagy változatosságot mutat a bioszintézisük sajátságai miatt. Mivel ezek a poliszacharidok gyakran jóval nagyobb méretűek a fehérjéknél, a létrejött proteoglikánok tulajdonságait jelentősen meghatározhatják a GAG-láncok. A GAG-ok jelentős élettani szerepet töltenek be növekedési faktorok és növekedési faktor receptorok ko-receptoraként. A GAG-ok legfontosabb szerepe immobilizált növekedési faktor gradiensek létrehozása és fenntartása, valamint a szerkezeti stabilitás segítése az ECM-ben.

A proteoglikánok vizsgálati lehetőségei

A proteoglikánok vizsgálata tradicionálisan immunológiai módszerekkel valósítható meg: már évtizedek óta rendelkezésre állnak az egyedi vegyületekre szelektív antitestek. Azonban napjainkban a műszeres analitikai technikák rohamos fejlődésével felmerül a kérdés, hogy lehetséges-e nagy áteresztőképességgel egyetlen mintából több – akár egymástól nagyon eltérő tulajdonságú – proteoglikán szerkezeti azonosítása és mennyiségi meghatározása. A célvegyületek nagy mérete miatt (akár több 100 kDa) jelenleg műszeres analitikai technikákkal nem lehetséges egészben (intakt módon) vizsgálni ezen vegyületeket. A glikánok fehérjéktől nagyon eltérő kémiai tulajdonságokkal bírnak szerkezet, oldhatóság, polaritás, stabilitás stb. tekintetében, így külön analitikai módszerek kifejlesztése szükséges a vizsgálatukhoz.

Elsőként nézzük meg a fehérjék vizsgálatát! Ennek legfőbb műszeres analitikai eszköze a tömegspektrometria (MS), mely során ún. lágy ionizációs technikák (ESI és MALDI) alkalmazása

szükséges. Általánosan használt, elválasztástechnikával kombinált módszer a nanoméretű, ultranagy nyomású folyadékkromatográfiával való kapcsolás (UHPLC–MS), amely lehetővé teszi komplex minták vizsgálatát, és egyes esetekben érzékenységnövekedést jelent a többi tömegspektrometriás módszerhez képest. Leggyakoribb megközelítés az ún. „bottom up” (lentről felfelé) technika, melynek alapja a fehérjék enzimatikus hasítása peptidekké. Ezt a folyamatot különböző proteolitikus enzimek segítségével végzik, a legáltalánosabban alkalmazottak a tripszin, kimotripszin, az endoproteináz Lys-C, Arg-C, Glu-C és Asp-N, valamint a pepszin. A keletkező peptidkeverékek tömegspektrometriás mérése során felvett eredmények ezután összevethetők a különböző adatbázisokban rendelkezésre álló *in silico* peptid-tömegspektrumokkal, így a szoftveres kiértékelés segítségével valószínűségi alapon meghatározhatóvá válik a mintákban azonosított peptidek (részleges) aminosavsorrendje. Ezután a jelen lévő karakterisztikus peptidek segítségével azonosíthatók a mintát alkotó fehérjék.

A peptidek elválasztására leggyakrabban két kromatográfiás technikát alkalmaznak. A fordított fázisú kromatográfia során a molekulák hidrofobicitása, míg a hidrofil interakciós kromatográfia (HILIC) során a vegyületek polaritása alapján történik az elválasztás. A két technikában kihasznált eltérő kölcsönhatások következtében ezek a módszerek egymást kiegészítő információt szolgáltatnak, így gyakori az alkalmazásuk kétdimenziós kromatográfiás elválasztásokban. Kijelenthető, hogy ugyan folyamatosan fejlődik a fehérjék azonosításának technikája, alapelveit tekintve sztenderdizált módon alkalmazható módszerek alakultak ki.

Ezzel ellentétes tendencia figyelhető meg a GAG-ok vizsgálata során, ugyanis a vegyületcsalád műszeres analitikai vizsgálata még kialakulóban van. Nem állnak rendelkezésre a teljes vegyületcsoportra általánosan alkalmazható munkafolyamatok, és jelenleg kizárólag néhány kutatócsoport foglalkozik a technikák fejlesztésével. Nézzük most ezek vizsgálati technikáit!

Négy alapvető GAG-osztály különböztethető meg: hialuronán, keratán-szulfát, kondroitin-szulfát/dermatán-szulfát, és heparán-szulfát/heparin. A különböző osztályok műszeres analitikai vizsgálata hasonló alapokon nyugszik. A kis méretű (max. 20 kDa) láncok meghatározása megvalósítható – elektroforetikus vagy folyadékkromatográfiás elválasztást követően – elektroporlasztásos ionizációs tömegspektrometriával vagy speciális technikákat alkalmazó MALDI tömegspektrometriával. Azonban általánosságban a vizsgálandó láncok jóval hosszabbak, tömegük akár a 100 kDa-t is meghaladja. Ezért vizsgálatukhoz elengedhetetlen enzimatikus hasítási lépés alkalmazása a minták előkészítése során, így elérhető egy jóval kisebb változatosságot hordozó diszacharid- vagy oligoszacharid-keverék vizsgálata. Alkalmazott enzimek például a hialuronidáz, a kondroitináz-ABC, vagy a heparin-liáz enzimek.

Az enzimatikus emésztés két mechanizmus alapján történhet. A GAG-liázok eliminatív mechanizmussal hasítanak, így kialakul egy telítetlen kötést hordozó hexóz-egység a molekula nemredukáló végén. A GAG endohidrolázok azonban hidrolízis során telített csoportot eredményeznek a redukáló és a nemredukáló molekulavégen is.

Kiemelnénk példaként a legnagyobb szerkezeti változatosságot mutató heparán-szulfát (HS) osztályt, ahol a bioszintézis során a poliszacharid-lánc mentén kialakulnak szulfatált és nem szulfatált régiók, és ezek aránya és váltakozása meghatározó jelátviteli információt hordoz. A HS-láncok emésztéséhez három különböző bakteriális liáz enzim érhető el a kereskedelmi forgalomban. Mindhárom a glükózamin-hexóz kötést hasítja, azonban a degradáció helye eltérő. A Heparin-liáz I az N-szulfatált régióban hasít, a Heparin-liáz III az N-acetilált régión fejti ki aktivitását, míg a Heparin-liáz II-nek mindkét régióra nézve van némi katalitikus aktivitása.

Az enzimatikus emésztést követően keletkező diszacharidok analíziséhez számos elválasztástechnikai módszer áll rendelkezésre. Néhány példát kiemelve: fordított fázisú kromatográfia (származékképzés után vagy ionpárképzéssel), méretkizárásos kromatográfia (SEC) és a különösen poláros vegyületekre gyakran alkalmazott porózus grafit- (PGC) vagy amid-HILIC kromatográfia. Azonban ezen módszereknek számos hátránya van. A fordított fázisú elválasztáshoz a diszacharidok származékképzése szükséges, amely a többlépcsős kémiai folyamat miatt jelentős mintaveszteséget okoz, míg az ionpárképzés kerülendő a tömegspektrometriás detektálás során. A grafitoszlopokról a nagy polaritású komponensek nem eluálhatók, míg a jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható HILIC kolonnákon a szulfatálatlan diszacharidoknak nincs kellő visszatartása. A méretkizárásos módszerek hátránya a mérések hossza mellett, hogy a detektálás érzékenysége alacsony, azonban a hialuronán-láncok emésztése során keletkező oligoszacharidok elválasztására jelenleg ez az egyetlen alkalmazható eljárás.

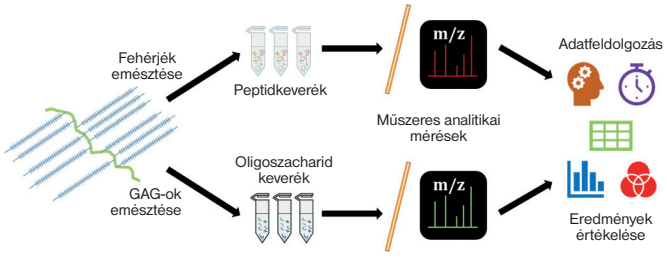
Kutatócsoportunkban nemrégiben kifejlesztésre került egy kromatográfiás módszer, amelynek segítségével kiküszöbölhetővé váltak a fent említett hátrányok. Kombinált retenciós mechanizmusú HILIC és gyenge anioncserés kölcsönhatásokon alapuló töltetet alkalmazva egy egyszerű, izokratikus kromatográfiás módszer alkalmazásával akár 10 fmol diszacharid kimutatása is lehetővé vált saját töltésű kapilláris oszlopokon.

A kromatográfiás módszerek mellett jelen vannak a kapilláris elektroforézisen alapuló módszerek is, azonban a szükséges érzékenység miatt kizárólag a lézerindukált fluoreszcencián alapuló detektálás (CE–LIF) alkalmazható megfelelően a célvegyületek biológiai mintákban való meghatározására.

Általánosan kijelenthető, hogy a GAG-ok kémiailag labilisak és kiemelkedően változatos szerkezetűek, így az elválasztásukat követő tömegspektrometriás analízisük számos nehézséget tartogat, azonban kizárólag MS alkalmazásával érhetők el a biológiai minták vizsgálatához szükséges kimutatási határok. A vizsgálatok során kiemelten lágy ionizációs módszerek és speciális tandem tömegspektrometriás beállítások alkalmazása szükséges a teljes körű szerkezeti információ kinyeréséhez. Az enzimatikus emésztés során keletkező, különböző mértékben szulfatált diszacharidok arányának meghatározása fontos lépés lehet a különböző betegségekhez vezető mechanizmusok megértéséhez.

A fent részletezett módszerekkel végzett általános munkafolyamatot a **2. ábra** írja le.

2. ábra. A proteoglikánok tömegspektrometriás vizsgálatának általános folyamatábrája



Összefoglalva elmondható, hogy a proteoglikánok az élő szervezet fontos építőelemei, de egyelőre csak kevéssé ismertek. Szerkezetvizsgálatuk, műszeres analitikájuk elsősorban tömegspektrometrián alapul. Analízisük speciális mintaelőkészítést és komplex mérési technikát igényel, melyek még ma is fejlesztés alatt állnak. A most kidolgozás alatt álló analitikai módszerek ígéretesek, reményeink szerint akár néhány éven belül sokkal többet tudhatunk meg erről a fontos vegyületcsoportról. A cikk témáját képező ismeretanyag néhány jelentős közleményét az irodalomjegyzékben listáztuk.

IRODALOM
[1] J. D. Esko, K. Kimata, U. Lindahl, Proteoglycans and Sulfated Glycosaminoglycans, Essentials of Glycobiology (2. kiadás), Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, 2009.
[2] L. Hu, M. Ye, X. Jiang, S. Feng, H. Zou, Anal. Chim. Acta. (2007) 598, 193.
[3] N. Perrimon, M. Bernfield, Nature (2000) 404, 725.
[4] J. Zaia, Mass Spectrom. Rev. (2004) 3, 161.
[5] J. Zaia, OMICS, (2010) 14, 401.
[6] V.L. Gill, U. Aich, S. Rao, C. Pohl, J. Zaia, Anal. Chem. (2013) 85, 1138.
[7] L. Turiák, G. Tóth, O. Ozohanics, A. Révész, A. Ács, K. Vékey, J. Zaia, L. Drahos, J. Chrom. A. (2018) 1544, 41.
[8] L. Turiák, O. Ozohanics, G. Tóth, A. Ács, A. Révész, K. Vékey, A. Telekes, L. Drahos, J. Prot. (2019) 197, 82.

Bruckner-termi előadás

Csávás Magdolna
■ DE Gyógyszerésztudományi Kar, Gyógyszerészi Kémiai Tanszék

Multivalens szénhidrátok szintézise és bakteriális lektinekkel való kölcsönhatásának vizsgálata

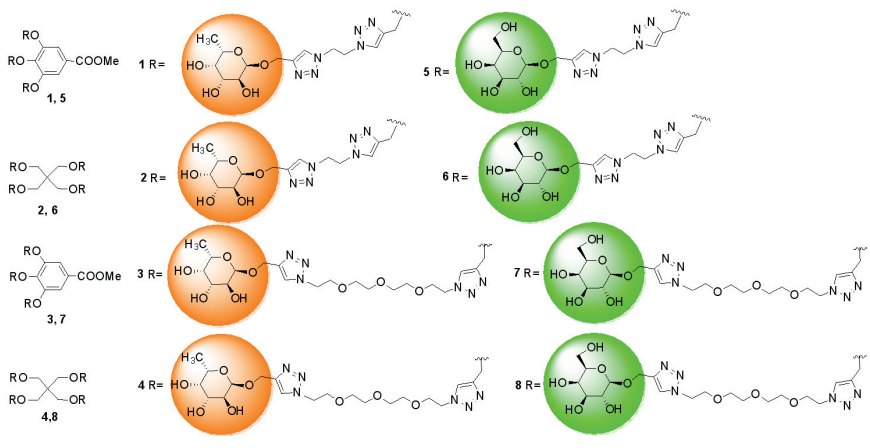
A lektinek szénhidrátkötő fehérjék, amelyek számos immunfolyamatban részt vesznek, szerepük van a sejtek agglutinációjában, továbbá fontos virulencia-faktorok [1]. Oligovalens, reverzibilis kötődésük szénhidrát-specifikus, kulcsszerepük van a bakteriális fertőzések kritikus lépésében, amely a gazdasejt felületéhez való adhéziós folyamatban fejeződik ki. Az antibiotikumos kezelések alternatívájaként a bakteriális lektineket célzó antiadhéziós terápia az első frontvonal lehet a patogénekkel szemben, hiszen a mikroorganizmus multivalens glikoklaszterekhez kötődve nem képes a szervezetben lehorgonyozni. Kutatásaink során többértékű glikoklaszterek szintézisét valósítottuk meg, vizsgáltuk a fehérje-szénhidrát kölcsönhatás tulajdonságait, a multivalencia szerepét, az antiadhéziós terápia alkalmazásának lehetőségét. A baktérium és a gazdasejt közötti kommunikációért, az adhézió kialakulásáért felelős sejtfelszíni lektinek szénhidrátkötőhelyeit a lektin specificitásának megfelelő szénhidrátokkal kívánjuk telíteni, a kölcsönhatás mértékének megsokszorozódását multivalens hatástól reméljük. Célunk Gram-negatív bakteriális lektinek dendron-típusú, multivalens szénhidrát-ligandumainak szintézise antiadhéziós terápia céljából, lektin-szénhidrát kölcsönhatások vizsgálata, biofilmképzés gátlása.

Multivalens fukozidok és galaktozidok szintézise és kölcsönhatásuk lektinekkel

A multivalens glikoklasztereket metil-gallát- és pentaeritrit-vázra építettük fel, etilén- és tetraetilénglikol oldalláncokat alkalmazva hídmolekulaként. A szintézist azid-alkin click-reakcióval valósítottuk meg, a hordozókra az α-L-fukópiranóz és ß-D-galaktopiranóz propargil glikozidját kapcsolva. A tri- és tetravalens fukozidok [2] (**1**, **3** és **2**, **4**), valamint tri- és tetravalens galaktozidok (**5**, **7** és **6**, **8**) potenciális többértékű ligandumai fukóz- és galaktóz-specifikus bakteriális lektineknek **(1. ábra)**.

Az agglutináció inhibíciójának mérésével jellemezhető a lektin-szénhidrát kölcsönhatás **(1. táblázat)**, amelyből kiderült, hogy a tetraetilénglikol láncot tartalmazó tetravalens fukozid (**4**) ígéretes vezérvegyület számos fukóz-specifikus lektin esetén (1. táblázat, 3., 4., 5. és 7. sora), hiszen akár három nagyságrenddel jobb potenciált mutat, mint a lektinek természetes liganduma, az L-fukóz. Galaktozidok esetén is az analóg szerkezetű **8**-as tetravalens származék bizonyult a *P. aeur-*

1. ábra. Multivalens fukozidok (1, 2, 3, 4) és galaktozidok (5, 6, 7, 8) szerkezete



*ginosa*ból izolált galaktofil lektin legjobb ligandumának.

Multivalens D-mannozid-tartalmú glikoklaszterek

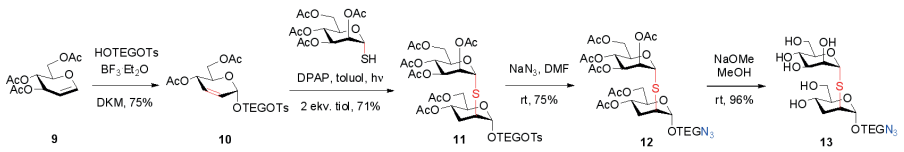
Az előállított multivalens mannozidok α-(1-2)-S-kötésű pszeudomannobiozidot tartalmaznak, amelynek szintézise regio- és sztereoszelektív, fotoiniciált tiol-alkén addícióval [3] történt a **10**-es telítettlen endoglikálra.

A **13**-as vegyületet azid-alkin click-reakcióval kalixarénekre, metil-gallát- és pentaeritrit-hordozókra kötöttük, nyerve egy bivalens (**15**), egy trivalens (**16**) és két tetravalens (**14** és **17**) mannozidtartalmú vegyületet [4].

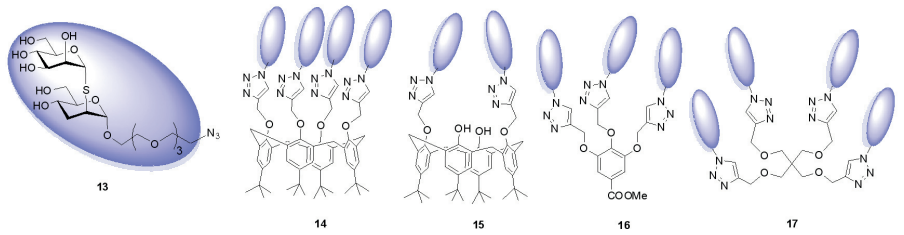
Önszerveződő glikokonjugátumok

A multivalens hatás elérésének másik lehetséges módja lipofil láncokkal módosított glikokonjugátumok előállítása. A **13** mannotiobiozidot hexadecil-, (**18**) illetve fullerenopirrolidin (**19**) oldalláncokkal módosítva olyan önszerveződő, terminális mannozidokat tartalmazó klaszterekhez jutottunk [5], amelyek bizonyítottan nanométeres aggregátumokat hoznak létre.

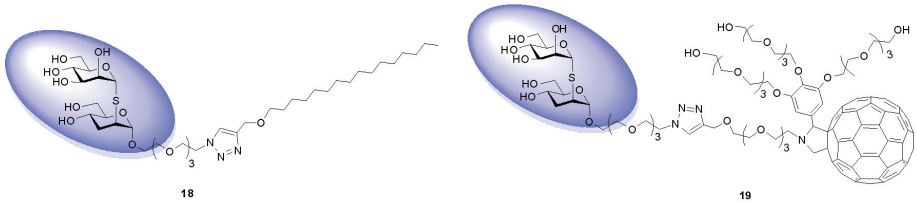
A mannozidok (**16**, **17**, **18** és **19**) kölcsönhatásait a *Burkholderia cenocepacia* mannóz-specifikus BC2L-A lektinjével vizsgáltuk (**1. táblázat**, jobb oldal).



2. ábra. α-(1-2)-Kötésű pszeudomannotiobiozid (13) szintézise tiol-én addícióval



3. ábra. Multivalens mannozidok (14, 15, 16, 17) szerkezete



4. ábra. Önszerveződő mannozidok szerkezete

Lektin-szénhidrát kölcsönhatások

	LIGANDUM	ÉRTÉKŰSÉG	POTENCIÁL	LEKTIN	LIGANDUM	ÉRTÉKŰSÉG	POTENCIÁL	LEKTIN
1.	L-FUKÓZ	1	1	PHL	D-GALAKTÓZ	1	1	PA-IL
2.	1	3	979	PHL	5	3	64	PA-IL
3.	2	4	1806	PHL	6	4	128	PA-IL
4.	3	3	1030	PHL	7	3	128	PA-IL
5.	4	4	3784	PHL	8	4	256	PA-IL
6.	4	4	128	AFL				
7.	4	4	1024	RSL	D-MANNÓZ	1	1	BC2L-A
8.	4	4	128	AAL	16	3	1.3	BC2L-A
9.	4	4	256	AOL	17	4	2.2	BC2L-A
10.	4	4	32	PA-IIL	18	ÖNSZERVEZŐDŐ	8	BC2L-A
11.	4	4	16	BC2L-C	19	ÖNSZERVEZŐDŐ	4	BC2L-A

1. táblázat. Lektin-szénhidrát kölcsönhatások vizsgálata, a ligandumok potenciálja a lektinek természetes ligandumaihoz hasonlítva
(lektinek: PHL a *Photorabdus asymbiotica*, AFL az *Aspergillus fumigatus*, RSL a *Ralstonia solanacearum*, AAL az *Aleuria aurantia*, AOL az *Aspergillus oryzae*, PA-IIL a *Pseudomonas aeruginosa* fukolektinje, BC2L-C a *Burkholderia cenocepacia* szuperlektinje; PA-IL a *Pseudomonas aeruginosa* galaktofil lektinje; BC2L-A *Burkholderia cenocepacia* mannóz-specifikus lektinje)

Összefoglalás

A bakteriális lektinek potenciális multivalens ligandumainak szintézise és a multivalencia elvén alapuló fehérje-szénhidrát kölcsönhatás vizsgálata az antiadhéziós terápia területén nyerhet alkalmazást. Különböző szénhidrátokkal (D-mannóz, L-fukóz, D-galaktóz) borított multivalens szénhidrátok ígéretes ligandumai lehetnek baktériumok szénhidrátkötő fehérjéinek, így antiadhéziós terápia révén blokkolnák a baktériumok kötőhelyeit, ezáltal megakadályozva súlyos betegségek kialakulását.

Köszönetnyilvánítás. A kutatás az NKFIH (K119509), a MTA Bolyai János Posztdoktori Ösztöndíj, az Európai Unió és Európai Regionális Fejlesztési Alap (GINOP-2.3.2-15-2016-00008) és az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-2019-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

IRODALOM

[1] Carbohydrate Recognition: Biological Problems, Methods, and Applications (ed.: B. Wang, G. Boons), Wiley, 2011.
[2] G. Jančaříková, M. Herczeg, E. Fujdiarová, J. Houser, K. E. Kövér, A. Borbás, M. Wimmerová, M. Csávás: Chem. Eur. J. (2018) 24, 4055–4068.
[3] L. Lázár, M. Csávás, M. Herczeg, P. Herczegh, A. Borbás: Org. Lett. (2012) 14, 17, 4650–4653.
[4] M. Csávás, L. Malinovská, F. Perret, M. Gyurkó, Z. T. Ilyés, M. Wimmerová, A. Borbás: Carbohydr. Res. (2017) 437, 1–8.
[5] M. Csávás, T. Demeter, M. Herczeg, I. Timári, K. Kövér, P. Herczegh, A. Borbás: Tetrahedron Lett. (2014), 55, 6983–6986.

Inzelt György
ELTE TTK Kémiai Intézet | inzeltgy@caesar.elte.hu

A gabonaszem súlyától az atomsúlyig

Dmitrij Ivanovics Mengyelejev (1834–1907) nem tudta volna összeállítani a periódusos rendszerét, ha 1869-re már nem álltak volna a rendelkezésére aránylag pontos atomsúlyok és más adatok az elemek kémiai és fizikai tulajdonságairól [1]. Ezeket nem ő mérte, hanem számos tudós leleményes és verejtékes munkájának eredményeként már megállapítást nyertek. Amikor a periódusos rendszer történetét tárgyalják, általában foglalkoznak az előzményekkel, kiváltképp az elemek felfedezésével és felfedezőivel, egyes elemcsoportok tulajdonságainak sajátságaival és az ezeken alapuló korai rendszerezési törekvésekkel. Aránylag csekély figyelem irányul arra, hogy az atomsúlyokat kik és hogyan határozták meg. A kitartó munka mellett a kutatóknak meg is kellett egyezniük az alapvető kérdésekben. Ilyen volt az atom léte és fogalma, valamint a súly (tömeg) meghatározása. Küzdeni kellett a mértékegységek kavalkádjával is, illetve azzal, hogy egy-egy mértékegység országonként, sőt városonként más mennyiséget jelentett [2]. Így volt ez a grannal is. A sok súlyegység közül azért választottam a grant (egy szem gabona súlyát, értéke általában 64,79891 milligramm), mert Jöns Jacob Berzelius (1779–1848), aki történetünkben meghatározó szerepet játszott, milligramm mellett granban is megadta a súlyokat, ugyanis a természettudósok nagy része még nem vette át az új, francia módit.

A kémikusok újabb és újabb kémiai (analitikai, elválasztástechnikai) eszközöket és módszereket fejlesztettek ki, ezek alkalmazásával egyre megbízhatóbb adatokhoz jutottak. Évtizedeken keresztül töretlenül bővültek az ismeretek, és vitatkoztak a tudósok. Tudósok között a konszenzus ugyanolyan nehezen alakul ki, mint tudatlanok között. Szerencsére az 1860-as évekre, a karlsruhei vegyészkongresszust követően – amelyen a kor összes nagysága és hőseink közül Mengyelejev, valamint Lothar Meyer (1830–1895) is részt vett –nagyobbrészt sikerült megegyezni. [A Pesti Egyetemet Theodor Wertheim (1820–1864) képviselte, akit még abban az évben Than Károly váltott a tanszék élén.] Így már megvoltak az alapok a periódusos rendszer megalkotásához, amelynek 150. évfordulóját idén ünnepeljük. Az ünnepet Mengyelejev rendszeréhez kötjük, de ne feledkezzünk meg arról, hogy Lothar Meyer (1830–1895) periódusos rendszere is ugyanúgy 150 éves, és megérdemli tiszteletünket.

A kezdetek

Az atomsúly története nem kezdődhet mással, mint az atommal és a súllyal. Tudjuk, hogy az anyag parányi építőköveiről már az ókorban is gondolkodtak, és használtak mérleget és súlyokat [2]. Mindazonáltal elég a 18. század közepétől-végétől kezdenünk a történetünket. Igazán ekkortól beszélhetünk a mai értelemben vett tudományos kutatásról, és olyan atomfogalom kialakulásáról a kémiában, amely a mai értelmezésünkig vezetett. A természettudományok, így az akkor még nem elkülönült kémia és fizika (sőt botanika, orvostudomány) az új kísérleti módszerekkel, a folyamatosan fejlesztett eszközökkel egyre pontosabban mértek. A világ jobb megismerését a kor gondolkodása is nagyban segítette. A felvilágosult uralkodók pedig azért támogatták a kutatás ügyét, mert a találmányok gazdagabbá tették az országot és erősebbé a hadseregüket. A kialakuló kémia sok mindent örökölt az alkímiától az eszközök és módszerek tekintetében, de a miszticizmust már elutasították a tudósok. Pontos mérések és tények. Csak ezek és ezek matematikai kezelése került a középpontba. Rájöttek arra, hogy az anyagok, de még a fény is felbontható és újra egyesíthető. Új jelenségek, például az elektromosság és a mágnesesség mozgatták meg a tudósok fantáziáját. A 18. században és a 19. század első felében születtek és kezdtek dolgozni azok, akik e történet hősei.

Megszületik az atomsúly fogalma és mérésének módja

Ahhoz, hogy egyáltalán eljussunk az atomsúlyhoz, a kémia legfontosabb törvényeinek megfogalmazásán keresztül vezetett az út. Ezek a következők: a tömegmegmaradás törvénye, az állandó súlyviszonyok törvénye és a többszörös súlyviszonyok törvénye. E törvényeket már jelentős mennyiségű kísérleti eredmény értelmezéséből vonták le. Ezek a törvények vezettek az atomok létezésének feltételezéséhez, és ahhoz, hogy kémiai reakciók szisztematikus véghezvitele alapján, tömegmérés útján relatív atomsúlyokat állapítsanak meg. Egyes anyagok kémiai reakcióinak variálásával, például egy-egy fém különböző sóinak, oxidjainak létrehozásával és egy viszonyítási atomsúly kijelölésével az egyes elemek relatív atomsúlyai megállapíthatók. Tehát mérni kell a tömegváltozást, miközben egy fém-oxidból kiredukáljuk a tiszta fémet, vagy a fémnek karbonátjai, szulfátjai, szulfidjai stb. tömegét kell összevetni. Hosszú ideig a kémiai analízisek alapján számolták az atomsúlyokat. Ehhez járult a gőzsűrűségek mérése gázok esetében, az atomtömegek meghatározása Avogadro törvénye [3] és a gáztörvények alapján, illetve az elektrolízis során levált tömeg (oldódó fém vagy fejlődött gáz mennyisége stb.) mérése és a tömeg-töltés (Faraday törvénye) alkalmazása. Természetesen az elemeket fel is kellett fedezni. Ebben a minőségi analízis játszott alapvető szerepet, vagyis az, hogy egyes elemek sajátos kémiai reakciókat adnak, és reakciók megfelelő sorozatával elválaszthatók egymástól. Az atomsúlyok megállapítása a mennyiségi analízisre maradt, ahol az anyagok gondos tisztítása is elen-

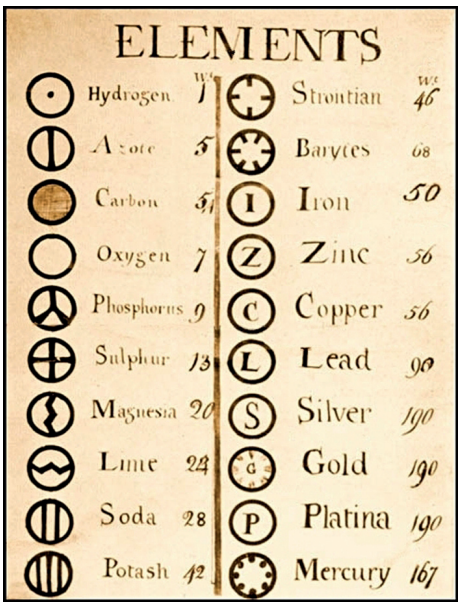
gedhetetlen volt, többszörös lecsapás, mosás, kristályosítás, szárítás stb. E lap – főleg idősebb – kémikus olvasóinak nem kell elmagyarázni, hogy a gravimetria milyen munka- és időigényes tevékenység. Az elemek felfedezése általában nagyobb hangsúlyt kap. Ma azt mondanánk, hogy nagyobb a piár-értéke, a fáradságos mennyiségi analízist kevésbé becsülik. Ahhoz, hogy Mengyelejev és elődei egyáltalán gondolkodni tudjanak a periódusos rendszeren, mindkét információra szükség volt: az elemek felfedezésére és az atomsúlyok megállapítására, valamint a kémiai és a fizikai tulajdonságaik ismeretére. John Dalton (1766–1844) a század elején még csak 20 elemmel tudott foglalkozni (lásd alább). Egyébként Lavoisier könyvében (1790) is nagyjából ennyi elem szerepel, ha a mai elemeket számítjuk. A földfémek oxidjait még nem tudták elbontani, ezért azokat is még elemeknek tekintette. Mengyelejev már 63 elemmel dolgozhatott (volt köztük nem létező elem, két elem keveréke is [4]), amelyeknek már több tulajdonsága sokkal pontosabban ismert volt. Nagy sikerét további elemek megjóslásával érte el, mivel észrevette, hogy két, kémiai viselkedésében hasonló elem között hiányzik egy, hiszen a többi ilyen csoportban az atomsúlyok különbsége nagyjából szisztematikusan változott. Megjegyzendő, hogy egy új elem létezésének felismerése, illetve tiszta állapotban való előállítása és az atomsúlyának megállapítása között gyakorta évek vagy évtizedek teltek el (lásd például a tellúr történetét [5]). A 19. század nagy részében a kémiai analízis volt a fő eszköz. Később a felfedezésben a színképelemzés jutott nagy szerephez, az atomsúly meghatározásában – már a 20. században– a tömegspektrometria. Az első elem, amelyet színképelemzéssel fedeztek fel, a hélium volt 1870-ben, és nem a Földön, hanem a Nap spektrumában. Később a Földön is megtalálták a nemesgázokat, és már meg lehetett határozni az atomsúlyukat.

A tömegmegmaradás törvényének megállapításához – miként minden törvény létrejöttéhez – sok kutató járult hozzá, de Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) szisztematikus kísérleti munkával alátámasztott elmélete (1789) hozta meg az áttörést.

Az állandó súlyviszonyok törvényével kapcsolatban Jeremias Benjamin Richter (1762–1807) német kémikus nevét emelhetjük ki, aki bevezette a sztöchiometria fogalmát (1792–94), és a francia Joseph Louis Proust (1754–1826) hősiességét hangsúlyozhatjuk, aki több száz vegyület gondos analízise elvégzésével kerekedett felül az ellentétes felfogást valló Claude Louis Berthollet-val (1748–1822) szemben. Berthollet egyébként kiváló vegyész volt, sőt ma már tudjuk, hogy vannak nem-sztöchiometrikus vegyületek is, de hibás felfogása erősen visszavetette a kémia fejlődését. A hősiességet azért használom, mert Proust-nak nemcsak egy szakmai nagysággal szemben kellett az igazát bizonyítani, hanem mert ellenfele Napóleon egyik kedvenc tudósa és a francia szenátus alelnöke is volt. Proust 1794-ben kifejtett elméletét végül csak az 1810-es években fogadták el. Egyébként Proust az 1800-as évek elején Spanyolországban dolgozott, de Napóleon serege felégette a laboratóriumát, és visszakényszerítette Franciaországba.

A többszörös súlyviszonyok törvénye

Az angol John Dalton munkássága tetőzte be a folyamatot, és szolgált alapul a további fejlődéshez. 1804 és 1808 közötti munkáiban egyértelműen leszögezte, hogy léteznek legkisebb részecskék, amelyek egy-egy elemnél azonos kiterjedésűek és súlyúak (atomsúly), viszont az egyes elemeknél ezek a tulajdonságok különbözőek **(1. ábra)**. Az oszthatatlan atomok meghatározott arányban tudnak egyesülni.



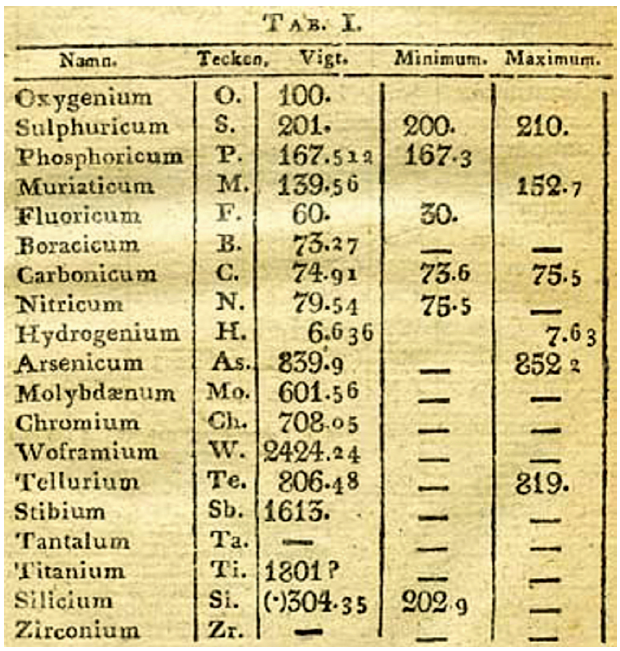
1. ábra. A Dalton-féle elemek, 1803

Meg kell még emlékeznünk William Prout (1785–1850) angol kémikusról. Ő jelölte ki azt a viszonyítási alapot, amely szükséges volt a relatív atomsúlyok megállapításához (1815). Szerinte a többi atom hidrogénatomokból épül fel, atomsúlyuk a hidrogén atomsúlyának egész számú többszörösei. Sajnos, már túl pontosan mértek. Berzelius és mások kimutatták, hogy más elemek atomsúlyai jelentősen eltérnek az egész számú többszöröstől. Majd 100 évet kellett várni, míg felfedezték az izotópokat. Ha egy elemnek többféle súlyú izotópja van, akkor a súly természetesen nem egész szám, hanem az arányuktól függően változik. De Proutnak igaza volt, a kémiai tulajdonságok a protonok számától függnek. Ernest Rutherford, amikor 1920-ban felfedezte a hidrogén atommagját, hódolni akart Prout zsenialitása előtt, és bár végül a proton (prótos – görögül első) névre esett a választás, fontolgatta a proutont is. Így is őrzi Prout emlékét a proton, mert ő ezt az alapvető részecskét protyle-nek nevezte.

Általában a nagyon precíz mérések és az észlelt kis eltérések kritikusak egy-egy elmélet megdöntésében és az újnak születésében. Néha némi lezserség is fontos, hogy csak a lényeget lássuk. Így Mengyelejev híres, periódusos rendszerről szóló publikációiban alig találunk tört számot az atomsúlyoknál (összesen 13-at, és azok is maximum 1 tizedesig vannak megadva), pedig a hidrogén atomsúlyát kereken 1-nek vette, és ennél már voltak pontosabb mérések. Lothar Meyernél sokkal több (51) törtszám szerepel, századértékig megadva.

Berzelius elévülhetetlen érdemei

Egy nagyszerű svéd tudósnak jutott az a szerep, hogy laboratóriumában fáradhatatlanul munkálkodva megkoronázza és összefoglalja az eredményeket. (A svéd tudomány néhány évtized alatti óriási fejlődéséről és a svéd tudósokról egy korábbi cikkünkben írtunk [5].) Analitikai, módszerfejlesztési munkássága révén nagy tekintélyre tett szert, és ennek következtében a kémia történetének talán legnagyobb tudományszervezőjét is tisztelhetjük személyében. Utazásai során találkozott a kor kiváló tudósaival, folyamatosan levelezett is velük, a fiatal generáció számos későbbi kiválósága nála tanult. Évente összefoglalta az új eredményeket a kémiai területén. Számunkra életművéből az alábbiak fontosak. Bevezette a vegyjeleket az elemek latin nevének első, illetve első két betűjét használva. Így van ez ma is a periódusos rendszerben.



TAB. I.

Namn.	Tecken.	Vigt.	Minimum.	Maximum.
Oxygenium	O.	100.		
Sulphuricum	S.	201.	200.	210.
Phosphoricum	P.	167.512	167.3	
Muriaticum	M.	139.56		152.7
Fluoricum	F.	60.	30.	
Boracicum	B.	73.27	—	—
Carbonicum	C.	74.91	73.6	75.5
Nitricum	N.	79.54	75.5	—
Hydrogenium	H.	6.636		7.63
Arsenicum	As.	839.9	—	852 2
Molybdænum	Mo.	601.56	—	—
Chromium	Ch.	708.05	—	—
Woframium	W.	2424.24	—	—
Tellurium	Te.	806.48	—	819.
Stibium	Sb.	1613.	—	—
Tantalum	Ta.	—	—	—
Titanium	Ti.	1801?	—	—
Silicium	Si.	(·)304.35	202.9	—
Zirconium	Zr.	—	—	—

2. ábra. Berzelius atomsúlyai az oxigénhez viszonyítva, amelynek az atomsúlyát 100-nak vette

	Specific heats, that of water being 1	Weight of the atoms, that of oxygen being 1	Product of the weight of each atom by the corresponding capacity
Bismuth	0·0288	13·300	0·3830
Lead	0·0293	12·960	0·3794
Gold	0·0298	12·430	0·3704
Platinum	0·0314	11·160	0·3740
Tin	0·0514	7·350	0·3779
Silver	0·0557	6·750	0·3759
Zinc	0·0927	4·030	0·3736
Tellurium	0·0912	4·030	0·3675
Copper	0·0949	3·957	0·3755
Nickel	0·1035	3·690	0·3819
Iron	0·1100	3·392	0·3731
Cobalt	0·1498	2·460	0·3685
Sulphur	0·1880	2·011	0·3780

3. ábra. Dulong és Petit (Ann. Phil. 1819) cikke nyomán (oxigénre vonatkoztatott atomsúlyok)

Dalton elméletét elfogadta, és terjesztette. Korának legpontosabb atomsúly-táblázatát publikálta 1828-ban **(2. ábra)**.

Felfedezett három elemet is: a szelént, a szilíciumot és a tóriumot, valamint Wilhelm Hisinger svéd geológussal közösen egy negyediket is, a cériumot (amit tőlük függetlenül Martin Heinrich Klaproth német vegyész is felfedezett).

Nézzünk meg egy Berzelius-féle atomsúly-megállapítást 1836-ból. Kálium-klorátot ($KClO_3$) hevített. Megállapította, hogy 100 részből 39,15 rész oxigén távozott el, és 60,85 rész KCl maradt vissza. A kloridot AgCl formájában leválasztotta, 100 rész KCl-ból 192,4 rész AgCl-ot kapott, 100 rész ezüstből pedig 132,75 rész ezüst-klorid lesz. Ebből arra következtetett, hogy a klór atomsúlya az oxigénének 2,2136-szerese (az oxigén atomsúlyát 16-nak véve), így 35,4176 adódik, ami egész jól egyezik a mai használt értékkel, amit az IUPAC 35,446–35,457 g/mol intervallumban ad meg. Nemcsak ezt a kísérletet ismételte meg többször, hanem gázsűrűséget is mért. Abból a kísérletből 220-as értéket kapott. Hidrogénre számítva 17,735-ös atomsúlyt adott meg. A fele érték abból adódott, hogy a hidrogént kétatomosnak tekintette.

A Dulong–Petit-szabály

Berzelius másokkal együtt nagy hasznát vette a párizsi műegyetemen dolgozó Pierre Louis Dulong (1785–1838) és Alexis Thérese Petit (1791–1820) 1819-ben publikált atomhő-törvényének is. Ők azt vették észre 13 elem fajhőjének mérése során, hogy a fajhő megszorozva az atomtömeggel közelítőleg állandó értéket ad **(3. ábra)**. Berzelius is használta, bár ő jobban bízott az analitikában. Tévedett is az ezüst esetében, mert a gravimetriás eredményt AgO vegyületet feltételezve értelmezte, míg a Dulong–Petit-törvény szerint helyes értéket kapott. Ezt a törvényt szilárd anyagok, főként fémek esetében igen jól lehetetett használni. A szabály „pontatlansága" legnagyobbrészt a fajhő hőmérsékletfüggéséből adódott. Ennek a jelenségnek vizsgálatával viszont teljesen új szemlélet alakult ki a fizikai kémiában.

Dulong neve ma már kevésbé ismert, de neve ott van a legnevesebb 72 francia tudósé között az Eiffel-torony első emeletén **(4. ábra)**.

Az izomorfizmus

Az izomorfizmus felfedezése és értelmezése is sokat segített a vegyületek összetételének meghatározásában, és így az atomsúly megállapításában. Eilhard Mitscherlich (1794–1863) elmélete szerint azonos számú atom azonos kristályformát hoz létre, amely független az atomok kémiai természetétől. Tehát ha ismerjük egy adott kristályformához tartozó összetételt egy vegyület esetében, akkor az izomorf vegyület is ilyen összetételű, tehát el lehet dönteni, hogy például FeO vagy Fe_2O_3 a vegyület összetétele.

Milyen atomsúlyokkal dolgozott Mengyelejev és Meyer?

Ha megnézzük Mengyelejev 1869-es (beküldés 1869. április 5.) és 1871-es, illetve Lothar Meyer 1864-es és 1870-es (1869 decemberében beküldött) cikkeit, megtaláljuk fő forrásaikat. Meyer pontosan idéz. Alapvetően Pettenkofer, Dumas munkáit és Gmelin kézikönyvét használta, de hivatkozik Dulong és Petit, Reich és Richter, Cl. Winkler, Wöhler, Regnault méréseire is egyes elemeknél. Mengyelejevnél is szerepel Pettenkofer és Dumas, né-

4. ábra. A legnevesebb francia tudósok neve az Eiffel-torony első emeletén (részlet)

hány más kutató is, de van, hogy nem sorolja fel őket, csak annyit, hogy „és mások”, és nem egyértelmű, hogy a táblázatokban szereplő adatok kiktől származnak. Mindenesetre Pettenkofer és Dumas munkái mindkét tudósnál alapvető szerepet játszottak. Mengyelejevnek sokat jelentett a karlsruhei vegyészkongresszuson kialakult vita, mert írásaiban elemzi Prout elméletét és elfogadja két, meghatározó szereplő, a francia Jean Baptiste André Dumas (1800–1884) és az olasz Stanislao Cannizzaro (1826–1910) [3] elképzelését az atomokról, az atomsúlyról, a molekulákról, valamint megemlíti Gerhardt korábbi eredményeit. [Charles Frédéric Gerhardt (1816–1856) már nem élt (vegyszermérgezésben hunyt el), de sokszor hivatkoztak rá. Mengyelejev 1869-es, orosz nyelvű cikkében „Gerar”-ként szerepel. Vagy Mengyelejev nem írta jól, vagy a nyomdász nem tudta jól elolvasni a külföldi nevet. Akkoriban a kéziratot még tényleg kézzel írták.]

Dumas inkább szerves kémikusként ismert. Az ő hatására vetették el Berzelius dualista elektrosztatikus elméletét, mert kimutatta, hogy szubsztitúciós reakciókban a hidrogén klórral helyettesíthető. Ez pedig Berzelius szerint lehetetlen, mert pozitív elem csak pozitívval cserélhetne. Számunkra pontos gőzsűrűségmérései a fontosak, amelyek eredményeiből több mint 30 elem atomsúlyát számolta ki 1826 és 1860 között. Dumas a hidrogén atomtömegét 1-nek vette, és erre adta meg az értékeket.

Max Joseph Pettenkofer (1818–1901) bajor kémikus orvosi, közegészségügyi tevékenységéről ismert igazán, ezekért a munkáiért kapott nemességet is. Észrevette, hogy a hasonló tulajdonságú elemek atomsúlyai közötti különbség szabályszerű, és a korábbi triádok helyett az elemek nagyobb csoportjai közötti szabályszerű változást tételezett fel. Érdekes, hogy őt a legtöbb könyv kihagyja a periódusos rendszer történetéből, pedig Mengyelejev és Meyer is nagyra tartotta munkáját. Sajátos, hogy a korábbi rendszeralkotási törekvésekre nem sok szót vesztegetnek, csak az angol William Odlingot (1829–1921) idézi Mengyelejev. Nem foglalkoznak John Alexander Reina Newlandsszel (1837–1898) és más elődökkel sem.

Élément	I	II			III (1961)
		1860	1865	1876–1881	
Chlore	35,5	35,46	35,457	–	35,454
Soufre	32,0	32,0742	–	–	32,065
Azote	14,0	14,041	14,044	14,0550	14,0072
Argent	108,0	107,943	107,930	107,9300	107,874
Potassium	39,0	39,13	39,137	39,1425	39,104
Sodium	23,0	23,05	23,049	23,0455	22,9906
Plomb	207,0	206,914	–	–	207,20
Brome	80,0	–	79,952	–	79,912
Iode	127,0	–	79,952	–	126,9092
Lithium	7,0	–	7,022	–	6,939

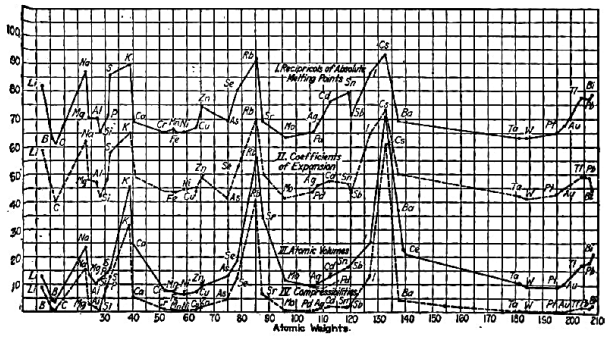
5. ábra. A Stas által meghatározott atomsúlyok a különböző években (II), valamint Mengyelejev (I) és az IUPAC 1961-es adatai (III) (a jód 1865-ös adata nyomdahiba)

Mengyelejev 1871-es cikkében említi a belga Jean Servais Stas (1813–1891) által mért atomsúlyokat. Stas megérdemli figyelmünket, mert rendkívül precízen mért **(5. ábra)**. Sajnos ma már alig ismert a neve. Először Dumas-val együtt publikálta a szén nagy pontossággal megmért atomsúlyát (12,000 ± 0,002) 1840-ben.

Nobel-díjak atomsúlyokért a 20. században

Az atomsúlyok meghatározásáért még a 20. század elején is lehetett Nobel-díjat kapni. A Harvard Egyetem professzora, Theodore William Richards (1868–1928) 1914-ben nyerte el a kémiai Nobel-díjat számos kémiai elem atomsúlyának pontos meghatározásáért. Ő lett az első amerikai kémiai Nobel-díjas. [Ő volt a második Nobel-díjas az Egyesült Államokból, mert Albert Abraham Michelson (1852–1931) 1907-ben már megkapta a fizikai Nobel-díjat.] Persze, ez már más korszak volt, de azért még a hosszú 19. század folytatása. Ugyanis Richards még kémiai módszereket alkalmazott, hiszen a tömegspektrométert még nem használták. Mindazonáltal ki tudta mutatni azt is, hogy egy elemnek többféle atomsúlya lehet, ami jelentősen hozzájárult az izotópok létezésének elfogadásához. Hihetetlen alaposan dolgozott. Feljegyezték, hogy a tiszta túlium előállításához több ezerszer kristályosította át a bromátját.

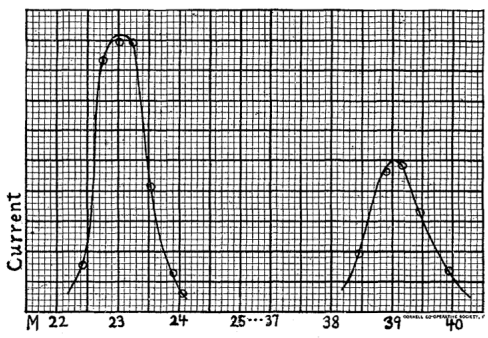
A kémiai tulajdonságok mellett a fizikai tulajdonságok is periodikusan változnak **(6. ábra)**.



6. ábra. Theodore William Richards periódusos grafikonja. Különböző tulajdonságok az atomsúlyok függvényben
(J. Am. Chem. Soc. 1915)

Mengyelejev 1875-ben újra megmérette Paul É. L. de Boisbaudrannal (1838–1912) a gallium sűrűségét, mert kevésnek találta. Igaza is lett, a reakciónál használt nátriumból maradt szennyezés a fémben.

A tömegspektrométeres izotóptömeg-meghatározásért az angol Francis William Aston (1877–1945) kapott Nobel-díjat 1922-ben. Ebben nagy szerepe volt 1919-ben megalkotott tömegspektrográfjának. Arthur Jeffrey Dempster (1886–1950) kanadai–amerikai fizikus fejlesztette ki az első modern tömegspektrométert 1918-ban **(7. ábra)**. Ő fedezte fel a maghasadási reakcióban nagy



7. ábra. A nátrium és a kálium tömegspektruma
(A. Dempster: Phys. Rev. 1918)

karriert befutott urán ^{235}U-izotópot 1935-ben. Részt vett az atombomba létrehozásában is.

A 20. században is fedeztek még fel elemeket. Most nem a transzuránelemekre gondolunk [6], hanem nagy verseny indult meg a hiányzó helyeket betöltő elemek felfedezéséért. A felfedezés a röntgenspektrumok elemzésén alapul azóta, hogy Henry Moseley (1887–1915) 1913-ban felfedezte a róla elnevezett törvényt, ami kapcsolatot létesít a röntgenspektrum jellemző vonalai és az elem periódusos rendszerbeli sorszáma (Z) között (ma

rendszámnak hívjuk). Rutherford már 1911-ben kimutatta, hogy a rendszám és a tömegszám között jelentős különbség van (az arany esetében a tömeg kétszeres). Antonius Johannes van den Broek (1870–1926) élt azzal a merész feltételezéssel, hogy nem egy puszta sorszámról van szó, hanem a rendszámnak fizikai jelentése van, és egyenlő az atommag töltésével. Ezáltal értelmet nyert az is, hogy néhány elem sorrendjét már Mengyelejev is felcserélte kémiai és fizikai tulajdonságaik alapján.

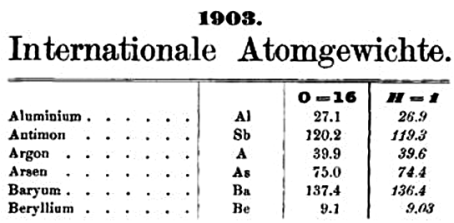
Az egyik hiányzó elem felfedezésének története azért is különösen érdekes a számunkra, mert hőse a magyar Hevesy György. Georges Urbain (1872–1938), a lutécium egyik felfedezője és francia kollégái is azt állították, hogy felfedezték a hafniumot, és az új elem ritkaföldfém. Hevesy és Dirk Coster (1889–1950) 1922 végén egy cirkóniumásványt vizsgált röntgenspektroszkópiával, és sokkal erősebb spektrumvonalakat tudott produkálni, ami eltért a franciákétól, de tökéletesen megfelelt a Moseley-törvénynek. A 72. rendszámú elemet Bohr 1913-as atommodelljének megfelelően nem ritkaföldfémként azonosították, hanem a 4. oszlopban, a cirkónium alá helyezték el. Bohr 1922. december 11-én tartotta Nobel-előadását, ami a periódusos rendszer magyarázatáról szólt. A hafnium felfedezését itt hozta nyilvánosságra, miután az eredményeket az utolsó pillanatban megkapta Hevesyéktől. Ezzel elméletének ereje is fényesen igazolódott.

Hevesyék fémállapotban is előállították a hafniumot. A hexafluorid-komplexek oldékonysági különbségét használták ki, többszöri frakcionált kristályosítással elválasztották a cirkóniumot és a hafniumot. A hafniumot végül fémnátriumos redukció útján nyerték.

A hafnium izotópjainak atomsúlyát Aston határozta meg tömegspektrométerrel (Proceedings of the Royal Soc. 1 April, 1935) a Hevesytől kapott mintából. A következő tömegszámú izotópokat találta: 176, 177, 178, 179 és 180, amelyek előfordulási gyakorisága: 5, 19, 28, 18 és 30%. Ebből a hafnium átlagos atomsúlyára a 178,4 ± 0,2 értéket kapta. Ma 178,49(2) g/mol a hafnium hivatalosan elfogadott atomtömege [7].

120 éve az atomsúlyok hiteles táblázatát az IUPAC egyik bizottsága, a Commission on the Isotopic Abundances and Atomic Weights (a neve némileg változott az idők folyamán) teszi rendszeresen közzé. Csekély változások még mindig vannak, főleg, ha találnak olyan lelőhelyet, amelyben az adott elem izotóp-összetétele jelentősen eltér a korábbiaktól. Régebben jelentősebb változásokat is megállapítottak. Például a cirkónium atomsúlya „csökkent” a kis mennyiségű, de nehezebb hafnium felfedezésével és kivonásával. Frank W. Clarke (1847–1931) geokémikus, az Amerikai Kémiai Társaság alapítója és első elnöke kezdte ezt a munkát, állított össze atomsúly-táblázatot, amit 1894-ben publikált. Még abban az évtizedben először német, majd más tudósok részvételével hozták létre a nemzetközi bizottságot.

A nemzetközi atomsúlyokat még két skálán, az oxigén- és a hidrogénskálán is megadták **(8. ábra)**. A szén 12-es tömegszámú izotópjára vonatkozó skálát az 1960-as évek legelejétől használ-



1903.

Internationale Atomgewichte.

		O = 16	H = 1
Aluminium	Al	27.1	26.9
Antimon	Sb	120.2	119.3
Argon	A	39.9	39.6
Arsen	As	75.0	74.4
Baryum	Ba	137.4	136.4
Beryllium	Be	9.1	9.03

8. ábra. Hivatalos atomsúlyok 1903-ban

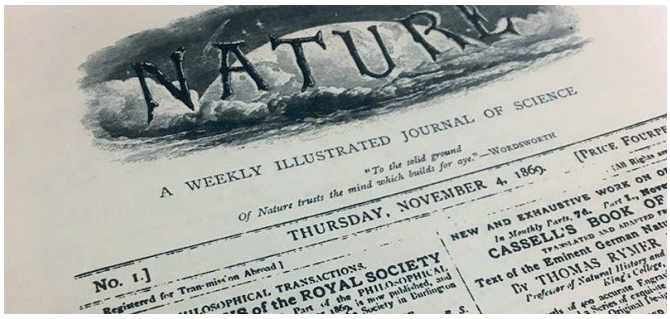
juk. Egy atom tényleges tömegét alapvetően az atommagban található protonok és neutronok tömege adja meg, de ehhez kis mértékben az elektronok tömege is hozzájárul, illetve ezt csökkenti a kötési energiákból származó ekvivalens tömegvesztés, amit az Einstein-féle képlet ($E = mc^2$) ad meg. Ha egy atom tényleges súlyát adnánk meg, akkor a relatív atomsúlyokat el kellene osztani az Avogadro-állandóval, ami $N_A = 6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}. Azaz 1 darab hidrogénatom tömege: 1,6605402 10^{-24} g. Ezt még ma sem tudjuk közvetlenül mérni, ezért használjuk a standard (relatív) atomsúlyokat már több mint 200 éve. Jól beváltak.

IRODALOM
[1] Inzelt Gy., Természet Világa (2011) 169–173.
[2] Inzelt Gy., Vegykonyhájában szintén megteszi. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2016.
[3] Inzelt Gy., Természet Világa (2011) 363–365.
[4] Lente G., Magyar Kémikusok Lapja (2019) 128.
[5] Inzelt Gy., Magyar Kémikusok Lapja (2017) 382–386.
[6] Inzelt Gy., Magyar Kémikusok Lapja (2019) 148–152.
[7] Inzelt Gy., Magyar Kémikusok Lapja (2011) 106–107.

150 éves a Nature folyóirat

2019-ben nemcsak a periódusos rendszer 150. születésnapját ünnepli a tudományos világ, hanem a jelenlegi egyik legjelentősebb természettudományos folyóiratét is: a *Nature* első száma ugyanis 1869. november 4-én jelent meg. A folyóirat címe William Wordsworth (1770–1850) angol költő következő sorából származik: „To the solid ground of nature trusts the Mind that builds for aye”.

A *Nature* alapító szerkesztője, Sir Joseph Norman Lockyer (1836–1920) arról volt nevezetes, hogy 1868-ban felismerte a hélium spektrumvonalát a Napban, és hogy fél évszázadon át, 1919-ig vezette a folyóiratot. A főszerkesztői poszt utána is a hosszú távú megbízatások közé tartozott: Sir Richard Gregory (1864–1952) 1919 és 1939 között 20 évig, Sir John Royden Maddox (1925–2009) először 1966 és 1973, majd 1980 és 1995 között összesen 22 évig, Philip Campbell (1951–) 1995 és 2018 között 23 évig végezte ezt a munkát.



NATURE

A WEEKLY ILLUSTRATED JOURNAL OF SCIENCE

"To the solid ground
Of Nature trusts the mind which builds for aye."—WORDSWORTH

[PRICE FOURPE

THURSDAY, NOVEMBER 4, 1869

No. 1.]

Registered for Transmission Abroad]

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS.

of the ROYAL SOCIETY

NEW AND EXHAUSTIVE WORK ON

CASSELL'S BOOK OF

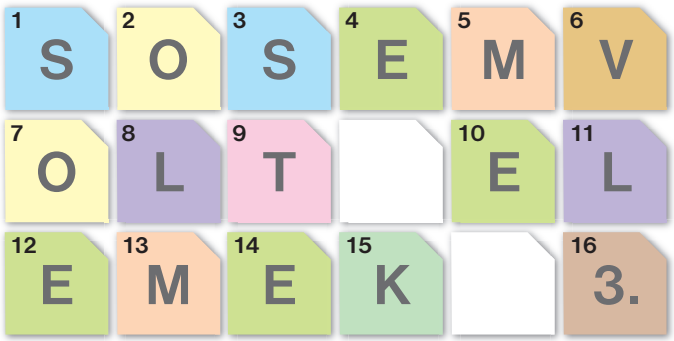
TRANSLATED AND ADAPTED

Text of the Eminent German Nat

By THOMAS RYMER

A Nature első számában négy kémiai jellegű cikk volt, mind más folyóiratokban megjelent munka rövid kivonata. A témák az urán előállítása, az ón(II)-klorid és az arzén oxosavai közötti kémiai reakció, a diklór-acetaldehid felfedezése és a bor színanyagainak azonosítása voltak.

Lente Gábor



Ausztrium

Ausztria minden bizonnyal a periódusos rendszer legmostohább sorsú országa: négy különböző tudós is megpróbált elemet elnevezni róla, de egyik sem állta ki az alapos tudományos vizsgálatok próbáját.

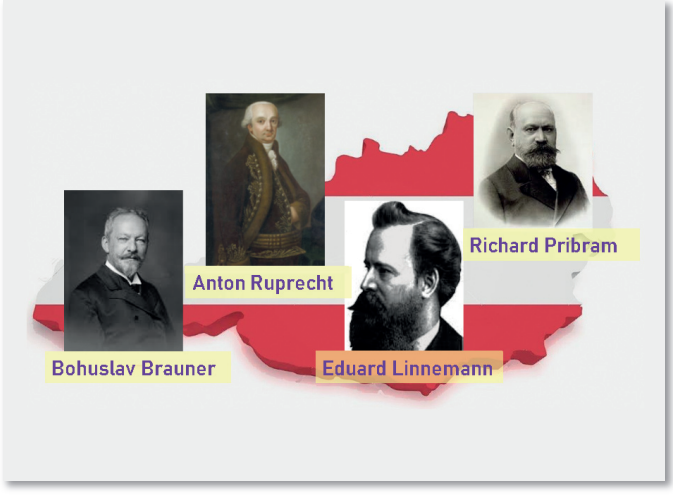
A sorban az első egy selmecbányai professzor, Leopold Anton Ruprecht (1748–1814) volt. Az ő nevét a magyar kémiatörténetben Ruprecht Antalként őrizték meg, s elsősorban a tellúr felfedezése kapcsán folytatott levelezését szokták említeni Müller Ferenccel (1740–1825, aki a nyelvi valóságot kicsit jobban tisztelő néven Franz Joseph Müller von Reichenstein). Az 1790-es évek legelején Ruprecht tanítványával, Matteo Tondival (1762–1835) együtt a magnézium-oxidban lévő, addig ismeretlen elemet próbálta meg előállítani, s ennek eredményeként öt olyan, általa elemnek vélt anyagot nyert, amelyek egyikét hazájának tiszteletére ausztriumnak nevezte el (Ruprecht, A. L. Crell's Chem. Ann. 1792, 195). A 18. században még nem léteztek vegyjelek, ezért ilyesmit Ruprecht nem is javasolt. Ma már sajnos nem lehet biztosan tudni, pontosan mi történhetett a kísérletek során, de az elem felfedezése tévesnek bizonyult, ezt 1808-ban Humphrey Davy (1778–1829) a magnézium előállításával bizonyította.

Majdnem egy évszázaddal később, 1886. május 6-án a Bécsi Tudományos Akadémián felolvastak egy levelet, amelyet a Prágai Német Egyetem professzora, Eduard Linnemann (1841–1886) küldött az osztrák kémikusok gyűlésének. A sors furcsa és tragikus fintora volt, hogy a levél megírása és felolvasása közötti időben Linnemann lehunyt. Az írás egy új elem felfedezéséről számolt be, amelyet a szerző a rétegszilikátok közé tartozó, monoklin kristályokat alkotó ortit nevű ásványból izolált (ma ismert összetétele: $(Ce,Ca,Y)_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3OH$). A feltételezett elemnek az ausztrium nevet és az Aus vegyjelet javasolta, vagyis ez lett volna a kémiatörténet első hárombetűs vegyjele. Ez nem feltétlenül a valóságtól elrugaszkodott gondolat, hiszen akkor még senki sem lehetett biztos abban, hogy a létező elemek száma nem haladja meg a kétbetűs vegyjelek által szabott korlátokat. A beszámolót a szerző halála után publikálták (Linnemann, E. Monatshefte für Chemie 1886, 7, 121). Az ortit sósavas feltárása és szulfidcsapadékok többszöri leválasztása után az ausztrium oldatban maradt, elemi kénnel kevert karbonátját sikerült lúgos közegben csapadékként előállítani. A felfedezés idején már 25 éve ismerték az atomspektroszkópia módszerét, a beszámoló 416,5 és 403,0 nm hullámhosszaknál megfigyelt, korábban ismert elemhez nem rendelhető spektrumvonalakat is megemlített. A hiba forrását egy francia kémikus, Paul Émile Lecoq de Boisbaudran (1838–1912) még a publikálás évében megtalálta: Linnemann ugyan ügyes analitikai módszerekkel azonosította a mintában csekély koncentrációban jelen lévő átmenetifémet, de egy jelentősebb szennyező komponens, az akkor még csak egyetlen éve ismert gallium elkerülte a figyelmét. A történet furcsa utóéletéről Richard Pribram (1847–1928), Czernowitz (Csernyivici) egyetemének professzora gondoskodott, aki egy 1900-ban megjelentetett dolgozatában ugyan megerősítette Boisbaudran következtetéseit, viszont az ortit atomspektrumában még újabb, korábban ismeretlen spektrumvonalakat vélt felfedezni (Pribram, R., Monatshefte für Chemie, 1900, 21, 148). Noha maga is azt állította, hogy az így azonosított elem semmiképpen nem lehet azonos azzal, amit Lindemann írt le, mégis megtartotta az ausztrium névjavaslatot. A kémikustársadalom ezt a cikket gyakorlatilag kommentár nélkül hagyta.

Bohuslav Brauner (1855–1935), a prágai Károly-egyetemen dolgozó cseh kémikus megcáfolt munkája Ruprecht személyétől függetlenül is kapcsolatot teremtett az ausztrium név és a tellúr között. A történet kezdete még 1889-re nyúlik vissza, amikor Dmitrij I. Mengyelejev (1834–1907) előadói meghívást kapott Londonba egy Michael Faraday (1791–1867) emlékének szentelt tudományos ülésre. Ekkor jósolta meg az általa dvitellúrnak nevezett elem létezését, amely a bizmutot követte a periódusos rendszerben kb. 212-es atomtömeggel. Brauner még 1882-ben, Robert Bunsen (1811–1899) laboratóriumában dolgozva részt vett abban a munkában, amelyben az akkor elemnek gondolt didímiumról bizonyították, hogy valójában két elem keveréke (lásd: Magyar Kémikusok Lapja 2019, 75, 128). Azt gondolta, hogy hasonló stratégia a tellúr esetében is eredményre vezethet, és a tellúr anomálisan nagy, a periódusos rendszerben őt követő jódét meghaladó moláris tömegét az okozza, hogy egy másik elem is rejtőzik benne. 1889-ben publikált is erre utaló kísérleti adatokat (Brauner, B. Chem. News 1889, 29, 295), bár az ausztrium nevet ebben a munkában még nem használta, ezt csak később, 1895-ben tette. Ekkor már a cériumról gondolta azt, hogy valójában két különböző elem keveréke, ezek sikeres elválasztásáról is beszámolt: az egyiket metacériumnak, a másikat ausztriakumnak nevezte (Brauner, B. Chem. News 1895, 71, 283). Brauner nagy tekintélyre tett szert pályafutásának kései szakaszában, de tévedéseit nyilvánosan soha nem ismerte el.

Így aztán mind a mai napig nincs Ausztriáról elnevezett elem a periódusos rendszerben. Még egy érdekes tényt érdekes kiemelni a történetből: a később tévesnek bizonyul négy „felfedezés" egyike sem Ausztria területén történt.

Lente Gábor



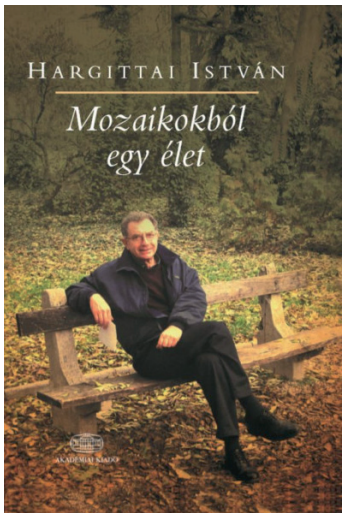
Találkozások könyve

Hargittai István: Mozaikokból egy élet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2019.

Hargittai István könyve híres és kevésbé híres emberekkel való találkozások leírásából tevődik össze. Ezek a találkozások kisebb vagy nagyobb mértékben befolyásolták a szerző életét fizikailag – életben maradását, életfenntartásának lehetőségét – és szellemileg is – tudományos pályájának alakulását, a kutatás anyagi alapjainak megteremtését –, de talán még inkább azt mozdították elő, hogy mindenre nyitott, kíváncsi, sokoldalúan tájékozott és tájékozódni akaró emberré váljon. Ezekből a mozaikokból áll össze a szerző élete. Milyen is ez az élet a már nem fiatal kutató számára, akinek az utolsó negyven évben kortársa voltam: nehéz, de hihetetlenül izgalmas és sikeres. Hogyan jellemzi ő az Utószóban egyetlen szóval? „Küzdelmes." Igen, a könyv olvasása kapcsán meggyőződhettünk erről, és a szerző is hozzáteszi az utolsó mondatban: a könyvben nem említett, de benne maradó nevek, személyek révén „hihetetlen gazdagságot érzek, hálát és elégedettséget".

Hargittai István tudományos tevékenysége elsősorban a szimmetria jelenségéhez kapcsolódik. Széles körben teremtett kapcsolatot a tudományok minden területén azokkal a tudósokkal, akik osztoztak érdeklődésében. Ebből nagyszerű együttműködések, felfedezések, tudományos kapcsolatok, ismeretségek, barátságok, tudományos közlemények, könyvek születtek. Konok makacssággal ragaszkodott ahhoz, hogy a szimmetriát a szaktudományokon kívül a mindennapi életben is megmutatkozó jelenségekben is érzékeltesse, és láthatóvá, érthetővé tegye minden korosztály számára.

Ez a kialakult kapcsolatrendszer volt kiindulópontja annak a tudósportré-sorozatnak, amely először angol nyelven készült Nobel-díjas, bár nem csak Nobel-díjas vagy csak később díjazott tudósokkal, majd egyre több részlete szerencsére magyar fordításban is megjelent. Ezekben a beszélgetésekben azt kutatja Hargittai István, hogy mi vezeti a kutatót a felfedezés során, a megismerés folyamatában, a felfedezés olykor kacskaringós és néha kiszámíthatatlan, rögös útjain, s hogyan jut el a mámorító élményhez, a valódi felismeréshez. Ezekben az interjúkban igyekszik bemutatni a tudós embert is, tulajdonságaival, erényeivel, de hibáival, gyarló emberi gyengéivel egyetemben. Hiszen ők is emberek. Igaz, egy területen nagyot alkottak. (Figyelmükbe ajánlom a fiataloknak a Klein Györgyről szóló emlékezést.) Ezek a beszélgetések az idők folyamán Hargittai István életének központi elemévé váltak. Az sem lehet véletlen, hogy több könyvüket feleségével, Magdolnával együtt írták. Sőt újabban ebbe a munkába fiuk, Balázs is tevékenyen bekapcsolódott.



A mostani könyv egyben korrajz is. Hargittai István Magyarországon volt gyerek, fiatal, itt vált tudóssá. Volt a Horthy-korszak üldözöttje, a Rákosi-kor „osztályidegen származású", megbélyegzett fiatalja (a sors micsoda fintora), majd a Kádár-korszak második felében ösztöndíjjal a Lomonoszov Egyetemen tanult. Így aztán az olvasó megismerkedhet a Szovjetunió hruscsovi, majd brezsnyevi időszakával, a tudomány függetlenségét védő szovjet tudósokkal. Megismerkedhetünk az Egyesült Államokkal is, ahol a szerző sok helyen, sok időt töltött el kutatással, tanítással, és ahol a legtöbb beszélgetése született kiválóbbnál kiválóbb tudósokkal. Bepillantást nyerhetünk a különböző oktatási, kutatástámogatási rendszerekbe is, és azok eredményességébe. Ezekből a tapasztalásokból is kirajzolódik a szerző hite, hitvallása, a tudománnyal foglalkozók, a gondolkodó ember szabadsága iránti elkötelezettsége, amely a mának is szól. Engedtessék meg a könyvből egy idézet a tudományos felfedezések természetével kapcsolatosan. A szerző Arthur Koestler *Alvajárók* című könyvét olvasva állapítja meg a következőket: „… a felfedezők egyrészt

Rövid részlet a könyvből

A moszkvai laboratóriumban pezsgő élet folyt. Ezt valószínűleg a zsúfolt elhelyezés is segítette. Amikor 1953-ban felavatták a Lomonoszov Egyetem új kampuszát a híres toronyépülettel, minden tágas volt. Mire én tanultam ott, a Kémiai Kar némelyik mellékhelységét is átépítették laboratóriummá. Vilkov [Hargittai István témavezetője] nagy dolgozószobát kapott, mégis kicsinek tűnt, mert íróasztalán és könyvespolcán kívül oda került az elektrondiffrakciós kísérleti berendezés, egy külön kialakított sötétkamra a felvételek előhívására, több íróasztal a munkatársak számára – de kevesebb, mint ahány munkatárs volt. Aztán ott zsúfolódtunk mi, a végzős hallgatók, akik a diplomamunkánkon dolgoztunk. Nagy előnye volt ennek a zsúfoltságnak, hogy amíg várakoztunk, hogy Vilkovval megbeszéljük munkánk további lépéseit, végighallgattuk a megbeszéléseit másokkal, tele tanulsággal. Minden családi hangulatban folyt. Még két ilyen nagy szoba volt a mi kutatási területünkön, minden szobában egy-egy Vilkovhoz hasonló rangú vezetővel. A három részleg rendszeresen összegyűlt közös szemináriumokra, amelyeken egy-egy munkatárs, néha még egy-egy diák is ismertette munkáját, és ha más szovjet kutatóhelyekről, esetleg külföldről jött vendég, az is tartott előadást. Ezeket a szemináriumokat az előadásoknál is hasznosabbá tették a viták. A legaktívabb a három szoba három vezetője volt, egyikük, NR, már csak a szereplés kedvéért is szeretett vitatkozni. Emlékszem, amikor szenvedélyesen érvelt valami mellett részletesen kifejtve véleményét, és teleírta a táblát képletekkel. Aztán valaki felhívta a figyelmét, hogy a kiindulási tétele hibás volt, mert nem vette észre az előjelváltást. NR megállt egy pillanatra, aztán mintha mi sem történt volna, megismételte az érvelését, most már ellenkező következtetéssel, de ugyanolyan szenvedéllyel. Akkor ez nem tűnt szimpatikusnak, ma sem, de az a képesség, hogy oda-vissza tudott érvelni, a tehetségére utal. Ma már tudom, hogy Amerikában ezt kifejezetten tanítják (annak, aki felvesz ilyen tárgyat), és vannak „vitakörök", ahol gyakori feladat az oda-vissza érvelés.

szkeptikusak, esetenként olykor tekintélyrombolásra is hajlamosak, gyakran tiszteletlenek a hagyományos elképzelések, axiómák és dogmák iránt, és semmit sem szeretnek elfogadni anélkül, hogy előzőleg meg ne kérdőjeleznék. Másrészt viszont annyira széles látókörűek és készek minden új befogadására, hogy sokukat akár a hiszékenység is jellemezheti. A kétféle jellemvonásból következik: a felfedezők rendszerint olyan egyének, akik nyitottak az újra és képesek arra, hogy már ismert és megszokott dolgokat is új megvilágításban lássanak és láttassanak. Az elavult szétrombolása és valami újnak a megteremtése együttesen része az alkotó tevékenységnek." (123. o.)

Az Akadémiai Kiadó bensőséges körülmények között mutatta be a könyvet: pályatársak, barátok méltatták a szerző küzdelmes, de sikeres életútját, és beszélgetések sora támasztotta alá személyes élményekkel, emlékekkel az írottakat és elhangzottakat.

Ajánlom a könyvet a pályája előtt álló fiatalnak, a pályáját járó kutatónak és a pályájára visszatekintő kollégának. Mindenki meríthet belőle.

Kiss Tamás

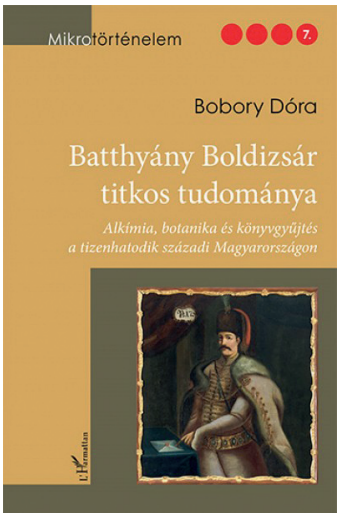
Könyvgyűjtő alkimista a kora újkori magyar mágnások között – az alkímia pozitív megvilágításban

Bobory Dóra: Batthyány Boldizsár titkos tudománya. Alkímia, botanika és könyvgyűjtés a tizenhatodik századi Magyarországon. (Mikrotörténelem 7.) Budapest, L'Harmattan, 2018.

A recenzeált mű Bobory Dóra 2007-ben a CEU-n megvédett bölcsészdoktori disszertációjának átdolgozott változata. Munkája angolul *The Sword and the Crucible. Count Boldizsár Batthyány and Natural Philosophy in Sixteenth-Century Hungary* címmel már 2009-ben megjelent (Newcastle upon Tyne, Cambridge Scholars Publishing). Bobory magyar könyvébe az időközben publikált monográfiák és tanulmányok eredményeit is beledolgozta. A kötet jelentőségét főképp három dologban látom: az első Batthyány Boldizsár személyének beemelése a magyar természettudomány történetébe, a második a dolgozat széles körű forráshasználata és nemzetközi bázisú szakirodalmi megalapozottsága, a harmadik az alkímia megítélésével kapcsolatos meglátásai. Negyedrészt érdekes – bár aligha meglepő – körülmény, hogy egy bölcsész gyökeresen új adalékokkal szolgálhat a természettudományok múltjának megismeréséhez.

Batthyányt a magyar kémia tudománytörténete nem ismeri. Sem Szabadváry Ferenc–Szőkefalvi-Nagy Zoltán *A kémia története Magyarországon* (Bp., Akadémiai, 1972), sem Szabadváry *A magyar kémia művelődéstörténete* (Bp., Mundus, 1998), sem Balázs Lóránt *A kémia története* c. kétkötetes munkája (Bp., Nemzeti Tankönyvkiadó, 1996) nem foglalkozik személyével, pedig a történészek már régóta írtak Batthyány 16. századi kémiai laboratóriumáról és kísérleteiről. Nem ismeretlen jelenség, hogy a különböző tudományok képviselői nem vesznek tudomást egymás publikációiról, amint például sok, Görgei Artúr hadvezérrel foglalkozó történeti munka (hibásan) a tábornoknak tulajdonítja a laurinsav felfedezését, pedig ő a kókuszzsírban mutatta ki először a szóban forgó dodekánsavat. Mások úgy hiszik (megintcsak tévesen), hogy Mozart *Varázsfuvola* című operájában Tamino karaktere Müller Ferencnek, a tellúr fölfedezőjének állít emléket, aki Magyarországon született. Az általánosan elfogadott vélemény szerint Mozart Sarastro alakját mintázta magyarországi vonatkozású tudósról, a szász Born Ignácról, aki mineralógus volt. Müller pedig Franz Joseph Müller néven Alsó-Ausztriában, Poysdorf városkában látott napvilágot.

Batthyány Boldizsár (1542–1590) a 16. századi Magyarország – pontosabban szólva a Mohács után háromfelé szakadt ország Habsburg Monarchiába integrálódott része, a Magyar Királyság – legelőkelőbb és leggazdagabb főurainak sorába tartozott. A politikai elit tagjaként országos főméltóságokat is betöltött, 1564-től királyi tanácsos, 1568-tól királyi étekfogómester lett. A bécsi



udvarban való forgolódás azonban nyűg volt számára, nem érezte magát otthon a nagypolitikában, igyekezett kibújni a rangjával járó kötelezettségek alól. Ugyanakkor az Oszmán Birodalommal való fegyvernyugvásra törekvő Habsburg uralkodók tiltása ellenére – mivel a Batthyány család nyugat-magyarországi birtokai a török hódoltsági területek közelében feküdtek – több alkalommal vezetett törökellenes portyákat és hadjáratokat. Felesége is a közismerten törökellenes horvát bán, Zrínyi Miklós (a szigetvári hős) leánya, Dorica lett. Protestáns (a kálvinizmushoz húzó) meggyőződése is szembeállította a Habsburgokkal. A műveltségéről híres főúr idejét legszívesebben alkímiával, botanikával és könyvgyűjtéssel töltötte. Kb. ezer kötetet számláló könyvtárát külföldi megrendelések útján páratlan igényességgel és szisztematikusan alakította ki. Bobory a bibliotéka állományából – mely csak részben maradt fönn – 105 természetfilozófiai művet azonosított. Batthyány laboratóriumát valószínűleg Szalónakon (ma Stadtschlaining Ausztriában) – régebbi vélemény szerint Németújvárott (ma Güssing) – rendezte be, melyben ő maga is kísérletezett. A 16. század legnagyobb botanikusával, Carolus Clusiusszal kötött barátságának köszönhetően intenzív és magas szakmai színvonalú növénytani tevékenységet is folytatott. Nemzetközi növény-cserekereskedelemben vett részt, új növényfajtákat honosított meg – a paprika elsőként Batthyány szalónaki kertjében nőtt Magyarországon –, a birtokán működtetett nyomdában botanikai szakmunkát adott ki.

Az arisztokrata Batthyány 1560 táján lovagi körutat tett Európában, beutazta a fél kontinenst, a francia királyi udvarban is tartózkodott egy ideig. A magyaron és a latinon kívül németül, franciául, olaszul, spanyolul és horvátul is megtanult. Párizsban számos protestáns értelmiségivel ismerkedett meg, külföldi kapcsolatai később sem szűntek meg. Bobory könyve Batthyány levelezése – elsősorban nem saját levelei, mivel ezek csak kis szám-

ban őrződtek meg, hanem a hozzá írt válaszok – alapján részletesen beszámol a főúr Elias Corvinus bécsi alkimista költővel, Felician von Herberstein stájer arisztokratával, Johannes Homelius karintiai és Nicolaus Pistalotius itáliai származású orvosokkal fenntartott kapcsolatáról. (Legutóbbi Magyarországon működött.) Ezek a levelezőpartnerek egymást is ismerték, informális tudományos kört alkottak Batthyány körül. Herberstein báró bányászati szakember volt, akinek birtokai közel feküdtek a Batthyányak földjeihez, ezen túl az alkímia és a horgászat iránti szenvedélyük is összekötötte őket. Herberstein több magyar bánya kitermelésében érdekeltséggel bírt; kohászati, fémelválasztási eljárásokról, a modernizációs törekvések kivitelezéséről levelezett Batthyányval, aki szalónaki vas- és rézbányái miatt volt érintett ebben.

Batthyány levelezésében tehát a bányászat és az orvoslás kapcsán kap hangsúlyos szerepet az alkímia. Pálffy Miklóssal a réz és ezüst ötvözetéről tárgyalt, Nádasdy Ferenc a birtokán talált rézérc minőségével kapcsolatban kérte ki a véleményét. Batthyány a jelek szerint (puskaporba való) salétromot is gyártott, mivel többen kértek tőle. A medikusokkal orvosi recepteket és tanácsokat cserélt – a 16. században Magyarországon kevés egyetemet végzett doktor akadt, ezért a gyógyítást részben levelezésen keresztül próbálták lebonyolítani. A kötetben számos – latinból fordított – korabeli receptet olvashatunk, például köszvényre (terpentin, eper, nadragulya, fagyöngy sója, nem túl maró hatású vitriol fölhasználásával) vagy fogfehérítésre. Ezek jól közvetítik az alkímia hangulatát. A kor orvostudománya még galénoszi alapokon nyugodott, amely szerint az emberi szervezet egészségét a négy testnedv aránya határozza meg. Ugyanakkor Batthyány Paracelsus műveit is gyűjtötte (könyvtárában legalább 10 kötet volt Paracelsus neve alatt). A svájci születésű jatrokémikus, orvos és természettudós azt vallotta, hogy az alkímia fő haszna a gyógyszerkészítés, amelynek alapanyagai közé szervetlen eredetűeket – antimon-, bizmut- és higanyvegyületeket – is bevont. (Bobory könyvének egyik fejezete Paracelsus életének és utóéletének remek összefoglalását adja természetfilozófiai aspektusból.)

Mivel a könyvet bölcsész szempontok szerint írták, a kémiai tárgyú hivatkozások olykor nem a legszerencsésebbek, és a gyakran nehezen érthető alkimista receptekben szereplő anyagok azonosítása – ami a vegyész számára fontos lenne – nem mindig történt meg. A szerző Batthyány Boldizsár levelezésének közzétételén is dolgozik, talán abban sor kerül erre. Egy fejezet szól a 16. századi laboratóriumról: referenciaképpen Tycho Brahe alkímiai laboratóriumáról, illetve a szintén kortárs jatrokémikus, Andreas Libavius által megálmodott „kémiai házról” olvashatunk, majd a fönnmaradt adatok alapján Batthyányéról. Ez utóbbiban volt kemence, lepárlóberendezések (a desztillálást akkoriban vízégetésnek nevezték), azaz lombikok és retorták, továbbá olvasztó- és próbatégelyek. Bobory a drága – az üvegből készült lombikok gyakran törtek el – felszerelés mellett a legfontosabb, külön beszerzendő alapanyagokat is igyekezett rekonstruálni: antimon, kénsav, salétromsav, ecet, higany, kén, *cantharidum* (a kőrisbogár testének orvosságok készítéséhez használt kivonata). Batthyány a nyersanyagokhoz – ahogy könyveihez is – külföldi kapcsolatain, mindenekelőtt Elias Corvinuson keresztül jutott hozzá. Corvinus ismerősei segítségével még laborsegédeket is talált Batthyánynak. A laboratóriumban például lepárlással, szublimációval, *putrefactió*val (rohasztással), *resuscitatió*val (ásványok oldatba vitelével, „újjáélesztésével”) foglalkoztak; Herberstein egyik levelében a görögtűz receptjét osztotta meg Batthyányval, de a bölcsek kövét is keresték.

Világszerte kevés olyan forrás maradt ránk, amely a kísérletezésnek ezt a korai, nem akadémikus, hanem laikus időszakát rögzíti (16. század). Ismerünk néhány korabeli laboratóriumi naplót, de Batthyány e szempontból egyedülállóan gazdag levelezése inkább teszi lehetővé a téma szisztematikus körbejárását. Bobory Dóra kifejti, hogy az általános vélemény, mely szerint az alkimisták téveszméktől fűtött misztikus figurák voltak, akik allegorikus-szimbolikus nyelvezetük mögé sületlenségeket rejtettek, és legjobb esetben is csak véletlenül találtak fel egy-két eszközt vagy azonosítottak anyagokat, nem igaz. (Bár receptjeiket valóban nehéz megfejteni.) Nem ábrándokat kergettek, hanem módszeresen, a szakirodalom és gyakorlati tapasztalatok fölhasználásával álltak neki a kísérletezésnek. Batthyány amolyan vállalkozó alkimistának tekinthető, aki részben a földjein található bányák hatékonyabb kitermelése érdekében keresett új módszerek után, részben pedig olyan alkímiai projekteket is támogatott, melyek a nem nemes fémek nemessé való átalakításával kecsegtettek (ehhez a transzmutációhoz kellett a bölcsek köve). Az alkímia a korban a jatrokémiával is összefonódott, és számos arisztokrata foglalkozott vele, elég Habsburg Rudolf császárra vagy IV. Keresztély dán királyra gondolnunk, de a spanyol El Escorialban is működött egy „Őfelsége desztillátorainak” nevezett csoport.

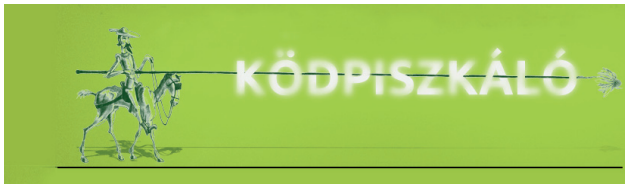
Az alkímiát már a nyugati világban való megjelenése, a 12. század óta sok előítélet és félreértés övezte, mert a késő középkori skolasztikus tudomány nem tudta rendszerébe illeszteni ezt az iszlám közvetítéssel érkezett eszmevilágot, ezért idegenkedett tőle.

Bobory föntebbi könyvén túl számos tudományos cikket és tanulmányt publikált, többnyire idegen nyelveken (angol, francia). A könyv elsődleges forrásbázisát Batthyány Boldizsár közel háromszáz levele jelenti, ezek közül csak kettő magyar, a többi német, latin, francia. A szerző komoly erudícióját mutatja, hogy a bőséges angol, német, francia és olasz szakirodalom mellett holland, svéd és szlovén nyelvűt is idéz. Szakterületén nemzetközi szinten is elismert kutatónak számít. Szomorú, hogy a hazai tudományos kutatóhelyeken ennek ellenére sem jutott álláshoz, jelenleg Új-Zélandon él, szabadúszó történész, férjével két gyermeket nevel.

Szólni kell egy-két mondatot a sorozatról is (Mikrotörténelem), amelynek részeként Bobory kötete megjelent. A napjainkban divatos mikrotörténelem egy egyén, egy falu, egy jól körülhatárolt, kis téma históriájának tüzetes vizsgálata révén az egyén történetét az általános szintjére emeli, vizsgálja mozgásterüket, összeveti döntésszabadságukat a korabeli normarendszerrel. A mikrotörténeti kutatások Amerikában, illetve Olaszországban kezdődtek az 1960-as, 1970-es években, Magyarországon az 1990-es évektől vannak képviselői. Napjainkban a társadalomtörténet egyik vezető irányzata.

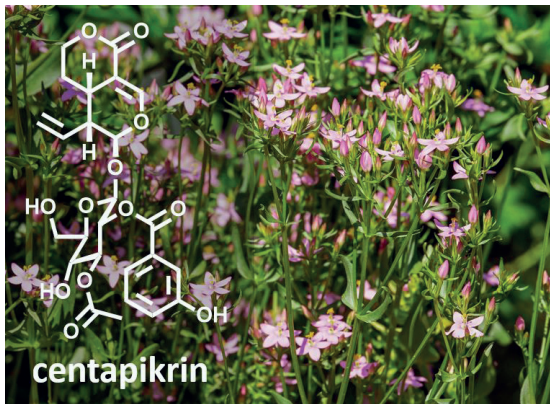
A 340 oldalas monográfia gördülékeny, jó stílusú. Komoly értéke, hogy hőse tevékenységét európai kontextusba emeli, és megismerteti a magyar kutatást az alkímia modern nemzetközi szakirodalmával. Tekintélyes hosszúságú forrás- és szakirodalmi lista, alapos mutató és képmelléklet zárja. Külsőleg is tetszetős, szépen szerkesztett munka. Részletessége és precizitása miatt nem könnyű olvasmány, főképp a tömör, szikár publikációkhoz szokott reál szakembereknek. Mindemellett a tudománytörténet iránt érdeklődőknek melegen javaslom beszerzését és végigolvasását. Remélem, hogy Batthyány Boldizsár arisztokrata, politikus, hadvezér, nagybirtokos, vállalkozó, mecénás, botanikus és nem utolsósorban alkimista személye és a könyv egyéb kutatási eredményei föltűnnek majd a kémiatörténeti munkákban is.

Keglevich Kristóf



Ezerjófüvek

Misztikusnak tűnő neve ellenére az ezerjófű létező gyógynövény. Az ezerjófű név az írott forrásokban a 14. század óta fordul elő, s jellemzően a *Centaurium* nemzetség különböző fajait fedi[1]; egyikük, a kis ezerjófű *(Centaurium erythraea)* föld feletti része ma is gyógyszerkönyvi gyógynövénydrog. A középkori forrásokban szerteágazó javallatokat találunk, a modern fitoterápiás szakkönyvekben azonban sokkal kevesebb gyógyhatásról írnak: ezek elsősorban keserű ízével összefüggésbe hozható étvágy- és emésztésjavító hatásával kapcsolatosak.



Hová tűnt az ezerjófű gyógyhatása? A jelenség megértéséhez néhány évszázadot vissza kell ugranunk az időben. Az ókorban és a középkorban a gyógyítás eszközei többnyire növényekből készültek. A növények hatásait jellemzően tapasztalat útján azonosították (ha például egy növény hasmenést okozott, akkor azt hashajtóként használták). Azoknak a növényeknek, amelyek hatása jól definiálható volt, már a régi korokban is kevesebb (de megalapozottabb) gyógyhatást tulajdonítottak. Azoknál a növényeknél, amelyeknek gyógyító hatása kevésbé volt „megfogható", a vélt gyógyhatások köre általában szélesebb volt. A növényeket számos olyan betegség esetén is alkalmazták, amelyek gyógyítására nem voltak alkalmasak, de ezek legalább lelki támogatást jelenthettek a betegeknek. Ma már a szakemberek csak olyan hatásokat kapcsolnak növényekhez, amelyeket kísérleti adatok vagy megalapozott tapasztalatok igazolnak.

Az ezerjófű ókori és középkori népszerűsége szoros összefüggésben van a növény ízével: a keserű ízt régóta a gyógyhatással kötik össze, és nem is véletlenül. Számos, erős hatású növényi vegyület, például az alkaloidok, keserű ízűek. Ősi tapasztalat, hogy a keserű növények zöme mérgező lehet, azonban kisebb mennyiségben gyógyászatilag is hasznosíthatók. A keserű anyagok egy részének nincsenek specifikus farmakológiai-toxikus hatásai, és ezek közé tartoznak az ezerjófű vegyületei is. Az ezerjófű keserű anyagai szekoiridoid típusú vegyületek, amelyek keserűértéke akár több millió is lehet. A centapikrin például még 4 milliószoros hígításban is keserű (keserűértéke ennek megfelelően 4 000 000), ugyanakkor sem ilyen hígításban, sem koncentráltabb formában nem fejt ki gyógyhatást. De egy valamit mégis: ízéből adódóan javítja az étvágyat és az emésztést.

Annak ellenére, hogy az ezerjófű felhasználásával kapcsolatban konszenzus van a szakemberek körében, a nagyközönség számára elérhető cikkek (például a bizalomgerjesztő nevű napidoktor.hu írása) gyakran a középkori álláspontot tükrözik: „Teája jó gyomorgörcs, hasmenés, vérszegénység és különféle sebek gyógyítására. Vértisztító és általános tisztító hatása van. […] Mérgezések és fertőzések esetén bevethető, és a zsírokat is oldja: a szív elzsírosodását, ereinek meszes lerakódását csökkenti. Enyhébb tünetek, így az orrfolyás, arcüreggyulladás, nedves asztma, hörghurut, nehézlégzés vagy tüdővizenyő tüneteinek megszüntetésére is használják. Az ezerjófű nemcsak a vért, az elmét is tisztítja – lelki hatása van: könnyeddé teszi az embert, a nehézkességet csökkenti, segít felülemelkedni a nyomasztó állapotokon, érzelmi terheken. Fokozza az idegi működést, segít a gondok feldolgozásában és serkenti az arra való képességet, hogy más szemszögből nézzük a dolgokat. Ezáltal az indulatokat is csillapítja. Fokozza a lelkesedést és az önbizalmat."

Mindez távol áll attól, amit az ezerjófűről megalapozottan állíthatunk. Mégis, az ilyen és hasonló túlzó állítások újra meg újra előfordulnak különböző írásokban. A jelenség gyökere az ismerethiány, no meg a gyógynövényekkel kapcsolatos felfokozott várakozás: amit a modern orvoslás nem tud meggyógyítani, azt megoldja egy gyógynövény. Sajnos, akik ebben hisznek, azoknak csalatkozniuk kell: a gyógynövények hatása ugyanolyan elveken, receptorok, enzimek, ioncsatornák befolyásolásán alapul, mint a szintetikus gyógyszervegyületeké. Jellemzően az azonos hatású gyógynövények és gyógyszervegyületek támadáspontja is azonos: nyugtatóknál például a GABA-receptor, hányingernél a szerotoninreceptor, szívműködés befolyásolásánál pedig az ioncsatornák. Csak és kizárólag növényekre jellemző hatások nincsenek, így az sem várható, hogy bizonyos betegségeket csak gyógynövényekkel lehet meggyógyítani. A növényi és szintetikus gyógyszervegyületek szerkezetileg is rokonok lehetnek, sőt ez a rokonság sokszor olyannyira szoros, hogy a szintetikus molekula kiindulási alapja egy természetes vegyület.

Egy dologban azonban biztosan speciálisak a gyógynövények: míg egy gyógyszer általában egy hatóanyagot tartalmaz, a növényekben található vegyületek száma akár több ezer is lehet. Ebből adódóan a hatásuk is komplexebb, mivel a növényi tartalomanyagok sokasága különféle támadásponton hathat. Előfordul, hogy a vegyületek egymás hatását erősítik (ez történik az orbáncfű esetén, amelyben a kémiailag is jelentősen különböző hiperforin és hipericin eltérő módon fejt ki antidepresszáns hatást). Arra is van példa, amikor kémiailag rokon vegyületek egyidejűleg azonos hatást váltanak ki (például a kurkuma kurkuminoidjai). Sok növényi anyag önmagában nem fejt ki jelentős hatást, de befolyásolhatják a „valódi" hatóanyagok felszívódását – a flavonoidok több gyógynövény esetén jellemezhetők ilyen „kisegítő" hatással. Leggyakrabban azonban a növény vegyületeinek nagy része nem fejt ki érdemleges bioaktivitást, a gyógyhatás egy vagy néhány tartalomanyag jelenlétének eredménye, amelyek nagyságrendileg markánsabb aktivitásúak a többi vegyületnél. Ez az oka annak, hogy a gyógynövények zöme egy vagy legfeljebb néhány gyógyhatással jellemezhető: a szívműködést javító növény egyúttal nem kiváló vizelethajtó, az antidepresszáns pedig nem mérsékli a hasmenést. Kivételek persze vannak: az articsóka nemcsak epehajtó hatású, hanem egészen más mechanizmus révén is csökkenti a koleszterinszintet. De még a szabályt erősítő kivételek sem rendelkeznek ezer-, száz- vagy tucatféle gyógyhatással. A gyógynövények nem csodaszerek, hasznosságuk pedig egyáltalán nincs összefüggésben vélt gyógyhatásaik számával. Ezért a jó gyógynövényszakember sem arról ismerszik meg, hogy meddig képes sorolni egy-egy növény gyógyhatásait…

Csupor Dezső

[1] Ezerjófű néven ismert a botanikailag nem rokon nagy ezerjófű is *(Dictamnus albus)* – a névrokonság a széles körű felhasználásra utal.

TÚL A KÉMIÁN

A történelem legrosszabb éve

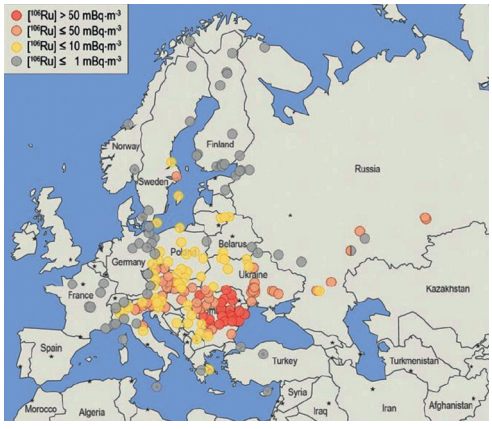
Habár a történészek eddig még nem alkottak egyértelmű skálát annak mérésére, hogy az egyes években mekkora negatív hatások érték az emberiséget, egy ilyen versenyben valószínűleg nem

1349 (a nagy pestisjárvány éve) vagy 1918 (spanyolnátha) végezne az első helyen, hanem i. sz. 536. Ráadásul ezt az önmagában is rossz évet csak alig valamivel pozitívabb évtizedek követték. Ebben az évben Európát és Ázsiát titokzatos köd lengte be, amelynek hatására az éves átlaghőmérséklet mintegy 2 °C-ot csökkent: Kínában nyáron is havazott, az igen gyenge termés következménye pedig a világon mindenhol példátlan éhínség lett. Az olvadófélben lévő svájci gleccserek nagyon pontos tanulmányozásával végre rájöttek a sötét kor beköszöntének okára: 536-ban egy nagy izlandi vulkánkitörés hatalmas mennyiségű vulkáni hamut juttatott a levegőbe, majd 540-ben és 547-ben újabb jelentős kitörések erősítették a folyamatot. A nélkülözés következtében természetesen a higiéniás állapotok is romlottak: 541-ben a Keletrómai Birodalom lakosainak egyharmada esett áldozatul egy bubópestisjárványnak. A sötét években Európa gazdasága is mélyrepülésben volt: a negatív időszak végét a gleccserekben az i. sz. 640-es mintákban ismét megjelenő finom ólompor jelezte, amely az újrainduló ezüstbányákból jutott a levegőbe és rakódott le a jég felszínére.

Science 362, 733. (2018)
Antiq. 92, 1571. (2018)
Quat. Sci. Rev. 222, 105585. (2019)

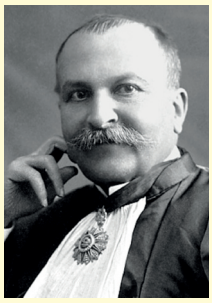
Egy eltitkolt orosz nukleáris baleset nyomai

2017-ben a legtöbb európai országban néhány napig a légköri aeroszolhoz kötött radioaktív ruténium–106 izotóp koncentrációjának hirtelen növekedését tapasztalták. A



mért kísérleti adatok időbeli és térbeli eloszlásának alapján végzett, nemrég befejezett modellszámítások arra mutatnak, hogy a kibocsátás forrása valahol az Urál hegység déli részén lehetett, feltehetően a Majak üzemben, ahol használt nukleáris fűtőelemek feldolgozását végzik. Más izotópok mennyiségével való összehasonlítás arra utal, hogy a radioaktív ruténium nagyjából két évvel a kibocsátás előtt keletkezett, valószínűleg olasz neutrínókísérletekhez használatos cérium–144 izotóp előállítása közben. Így minden jel arra mutat, hogy Oroszországban a polgári nukleáris ipar eltitkolt egy olyan balesetet, amely radioaktív anyag jelentős, bár emberi egészségre még nem veszélyes kibocsátásával járt.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 116, 16750. (2019)



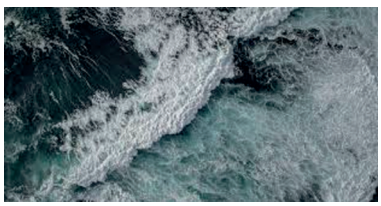
CENTENÁRIUM

P. Sabatier, A. Mahle: Sur la réduction catalytique des éthers acétiques halogénés
Comptes Rendus Vol. 169, pp. 758–761. (1919. november 3.)

Prof. Paul Sabatier (1854–1941) francia kémikus volt. 1912-ben Victor Grignard-ral megosztva kapott kémiai Nobel-díjat szerves vegyületek fémek (főleg nikkel) által katalizált hidrogénezésében elért eredményeiért. A róla elnevezett Sabatier-folyamat mind a mai napig fontos: ez a szén-dioxid hidrogénezése metánná nagy nyomáson és hőmérsékleten nikkel, ruténium vagy alumínium-oxid heterogén katalizátorok alkalmazása mellett.

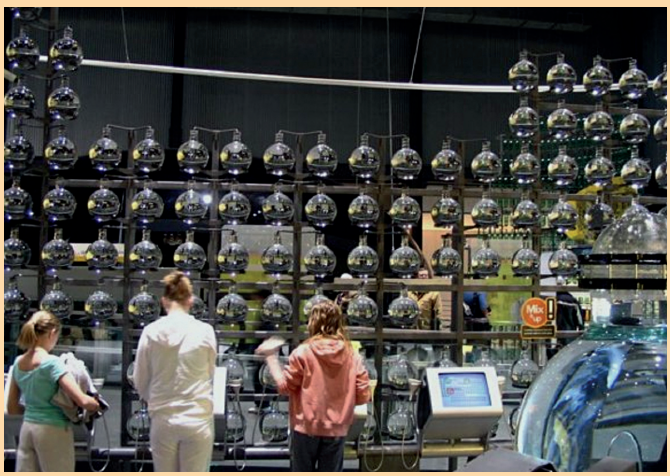
Szénhidrogénfaló mélységi baktériumok

A Csendes-óceánban lévő Mariana-árok csúcstartó a Földön: mélysége eléri a 11 000 métert is. Azt gondolhatnánk, hogy az



ott uralkodó hatalmas nyomás már összeférhetetlen az életjelenségekkel, valójában azonban baktériumok elég népes populációi élnek ott. A közelmúltban végzett kísérletek szerint az *Oleibacter*, *Thalassolituus* és *Alcanivorax* fajok száma váratlan, ugrásszerű növekedést mutat a 10 400 méternél mélyebben lévő rétegekben. Ezekben a baktériumokban az a közös, hogy telített szénhidrogéneket tudnak lebontani, s az így nyert energiát az anyagcseréjükhöz felhasználni. Ennek megfelelően a környezetükben az alkánok koncentrációja is jelentős, bár ennek a forrása jelenleg még ismeretlen. Ezen baktériumoknak akár a tengerbe kerülő olajszennyezés felszámolásában is nagy szerep juthat a jövőben. *Microbiome 7*, 47. (2019)

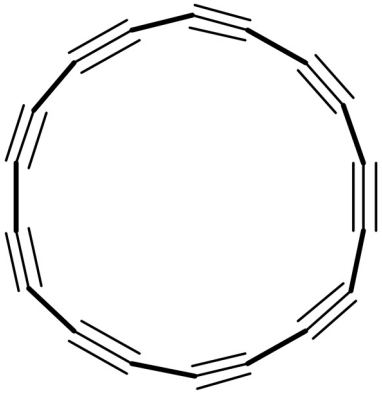
PERIÓDUSOS KÜLÖNLEGESSÉG



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: ttp://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html

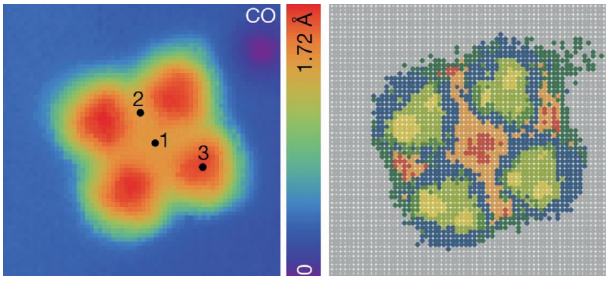
A HÓNAP MOLEKULÁJA

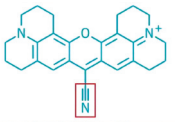
A nemrégiben előállított széngyűrű (C_{18}) a szén ismert allotróp módosulatainak eddig sem csekély számát gyarapítja. Benne sp hibridizációs szénatomokon alakul ki két, egymásra merőleges p-pályákból létrejövő, aromás jellegű gyűrű. Az 5 K-en végzett szerkezeti vizsgálatok szerint a molekulában hosszabb és rövidebb kötések váltakoznak, így a D_{9h} pontcsoportba tartozik, vagyis az aromás szerkezet alapján várható teljes kötéshossz-kiegyenlítődés nem jön létre (ez D_{18h} szimmetriát okozna). *Science 365*, 1299. (2019)

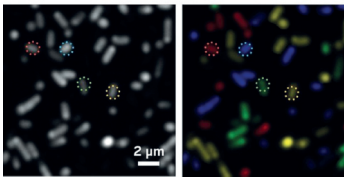


Raman-spektromikroszkópia atomszintű felbontással

A Raman-mikroszkópiás módszerek továbbfejlesztésével a közelmúltban sikerült 100 pm felbontású képet készíteni egy molekula rezgési módusairól. Az már nagyjából negyven éve ismert, hogy a fémfelületen megkötött molekulák Raman-aktivitása akár hat nagyságrendet is növekedhet a megfelelő szerkezetű, elektromosan vezető felszín erősítő hatásának köszönhetően. Ezt a hatást aknázták ki minden korábbinál hatékonyabban amerikai tudósok, akik egy rézfelületre adszorbeált, kobaltot kötő tetrafenil-porfirin rezgési képét készítették el nagy felbontással. Az új eredményeknek van más jelentősége is: az elméleti számolásokon kívül a rezgési módusok részletes analízisére ezentúl közvetlen kísérleti módszert is alkalmazhatnak. *Nature 568*, 78. (2019)







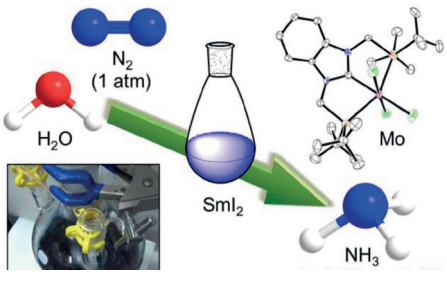
Raman-fluoreszcencia

A fluoreszcencián alapuló módszerek általában érzékenyek, de kevésbé szelektívek, a Raman-spektroszkópiával viszont pont fordított a helyzet. Egy újonnan kidolgozott, stimulált Raman-gerjesztett fluoreszcencia (SREF, *stimulated Raman excited fluoresence*) nevű technika megpróbálja a két módszer erősségeit egyesíteni. A mérés során a vizsgált molekulát két lézerimpulzussal gerjesztett rezgésállapotba hozzák úgy, hogy a két lézer frekvenciája közötti különbség éppen megegyezik a rezgési állapot frekvenciájával. Az így létrehozott állapotot még relaxáció előtt egy harmadik lézerimpulzusnak teszik ki, amely gerjesztett elektronállapotot hoz létre, s innen kezdődik el a fluoreszcencia. A módszer működését izotópjelzett rodamin-B molekulák segítségével mutatták be: a fluoreszcenciajel szerkezete ezekből közel azonos volt, de az SREF segítségével mégis különbséget lehetett tenni a különböző izotopomerek között. Ez a tulajdonság nagyon hasznos lehet sejtjelzéses biokémiai vizsgálatok esetében.

Nat. Photonics 13, 412. (2019)

Ammóniaszintézis vízből és levegőből

Az ammóniaszintézis mind a mai napig az egyik legfontosabb a vegyipari folyamatok között, ezért a Haber–Bosch-eljárás kifejlesztése óta folyamatosan keresik, hogyan is lehetne még gazdaságosabbá tenni. A közelmúltban japán tudósok azt mutatták meg, hogy szamárium(II)-jodid és egy molibdéntartalmú katalizátor használata révén a vízben vagy egyes alkoholokban lévő hidrogénatomokat is be lehet építeni az ammóniamolekulákba. A folyamat légköri nyomáson és szobahőmérsékleten is meglehetősen gyors. Jelenleg ipari felhasználásának gátja az, hogy a szamárium(II)-jodid a folyamat közben lassan más vegyületté alakul, amelynek kiindulási formába való visszaalakítása igen sok hulladék keletkezésével jár.



Nature 568, 536. (2019)

Azt hiszed, hogy nyílik még a kék rózsa...

A természetben nincsenek kék rózsák, de korunk génmérnöki módszereinek ez a tény már nem jelent akadályt. A virágok kék színe leggyakrabban az antocianinok közé tartozó delfinidin színanyag jelenlétének következménye, de az eddig nemesített rózsafajokban nincs meg az ennek előállításához szükséges enzim. 2007-ben egyszer már sikerült ezt beépíteni a rózsagenomba, de a virág ennek ellenére sem volt igazán kék színű. A közelmúltban kínai tudósok egy másik kék pigment, az indigoidin előállítását kódoló bakteriális géneket juttattak a rózsagenomba – az eredmény egy látványosan kék virág lett. Ennek kereskedelmi forgalmazását azonban gátolja, hogy a szín egy napon belül kifakul.

ACS Synth. Biol. 8, 1698. (2019)

Kardos Zsuzsanna[1] – Szalay Péter[2] – Ifj. Szántay Csaba[3]

[1] Chinoin, a Sanofi Vállalatcsoport tagja, Prosztaglandin Üzletág | zsuzsanna.kardos@sanofi.com

[2] Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet | szalay@chem.elte.hu

[3] Richter Gedeon Nyrt. Szerkezetkutatási osztály | cs.szantay@richter.hu

MKE Vegyészkonferencia – 2019: egy új irány megvalósítása és értékelése

2019 június 24. és 26. között Egerben, az Eszterházy Károly Egyetemen rendezte meg Egyesületünk a négyévente sorra kerülő, 2011 óta rendezett nagy összejövetelét „MKE Vegyészkonferencia 2019” címen. Ahogy a Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) honlapján olvasható volt, a korábbi hagyományokkal sok szempontból szakítva, a szervezők új alapokra helyezték ennek a rendezvénysorozatnak a koncepcióját. A kísérleti jellegű új megközelítésre az MKE Intézőbizottsága (IB) hosszas belső egyeztetés és számos pro/kontra érv alapos megfontolása után, ugyanakkor nem kevés kockázatvállalással szánta el magát.

Ahhoz, hogy értsük ennek okait, érdemes röviden felidézni a Vegyészkonferenciák történetét, illetve, hogy mit is jelentett maga a „Vegyészkonferencia” kifejezés. A Vegyészkonferencia hosszú évekig az MKE több szakosztálya közül kettőnek, a szerves kémiai és az analitikai kémiai szakosztálynak volt a tudományos találkozója úgy, hogy egyik évben az előbbi, a másikban pedig az utóbbi rendezte meg (az analitikusok esetében sokszekciós formában). Később a szerves kémiai Vegyészkonferencia kétévente történő megtartása mellett az analitikusok csak minden olimpiai évben találkoztak. Az első olyan szervezés, ahol az MKE a kémia szinte minden területét összehívta egy nagy konferenciára 2007-ben volt, az Egyesület alapításának 100. évfordulóján. Ebből az alkalomból több mint 800 magyar kémikus gyűlt össze, ami szakmai és szimbolikus értelemben is igen jelentős esemény volt. Ez nagy élményt jelentett minden résztvevőnek, és sokan örömmel hallgattak bele a saját kutatási területüktől távolabb eső témákba is. Így született az elhatározás egy négyévente megrendezendő közös nagy konferenciára, amelyek 2019-et megelőzően 2011-ben és 2015-ben valósultak meg. A kétévente aktuális szerves Vegyészkonferencia továbbra is működött a régi ritmus szerint, az analitika viszont már csak a közös nagy konferenciák részeként jelent meg a 100 éves konferencián, majd 2011-ben és 2015-ben is. Ezek a nagy konferenciák nagyrészt sokszekciós ülésekből álltak.

A 2019-ben megrendezendő nagy Vegyészkonferencia kapcsán az egyik fontos kérdés az volt, hogy maradjunk-e a sokszekciós formátumnál, vagy váltsunk át egyszekciós megközelítésre. A kérdés többek között azért merült fel élesen, mert a könnyen elérhető hazai és nemzetközi szakmaspecifikus rendezvények, mint például az MKE szakcsoportjai és az akadémiai munkabizottságok által szervezett ülések okán a nagy Vegyészkonferencia egyes szekciói már sokszor nem bizonyultak kellően vonzónak. Ennek köszönhetően az utóbbi években nem volt ritka, hogy a párhuzamosan futó szekcióülések némelyikén a hallgatóság létszáma kínosan alacsony volt, ami nyilván méltatlan helyzetbe hozta az előadót is. Emellett a sokszekciós megoldás (számos kétségtelen előnye mellett) kevésbé elégítette ki azt a nagyon is valós igényt, hogy koncepcionális rálátást nyújtson a hazai kémikusi élet tág vertikumára. Ebből a szempontból nemcsak a konkrét szakmai tevékenységek megismerése érdekes, hanem hogy az egyes területeket kik, milyen intézményekben és milyen sikerrel működtetik, továbbá, hogy ezek a területek milyen módon és mértékben adnak teret az alap- vagy célzott kutatásoknak, fejlesztésnek, innovációnak, oktatásnak, személyes fejlődésnek. A pályakezdők számára egy ilyen rálátás különösen izgalmas és fontos lehet. A hazai kémiai életnek ezeket az aspektusait azonban a szűkebb szakmai rendezvények nyilvánvalóan nem tudják megfelelően „láttatni”.

A Vegyészkonferencia hallgatósága

Ezt felismerve az IB igyekezett újragondolni a nagy Vegyészkonferencia hazai tudományos életben betöltött szerepét, és ehhez megtalálni a megfelelő formát. Az egyik fontos alapelv az volt, hogy a Magyar Kémikusok Egyesülete, a neve által is tükrözött „egyesítő” funkciójának megfelelően, elkötelezze magát egy olyan konferencia visszatérő megszervezése mellett, amelynek legfőbb célja a magyar kémikusok (vegyészek, vegyészmérnökök, kémiatanárok) által képviselt sokszínű szakmai tudás és alkalmazási gyakorlat különböző területeinek megismertetése a kémikusok tág közösségével. Itt sokszínűség alatt értendő a kémiával kapcsolatos tevékenységi körök szakterületi diverzitása, ezek szerepe az alap- és célzott kutatásokban, az innovációban, illetve a teljes innovációs láncban, az oktatásban, továbbá mindezek intézményi megoszlása az egyetemi, kutatóintézeti és a versenyszféra területén. Szemben a kémia egyes szűkebb területeire fókuszáló konferenciákkal, illetve azokat kiegészítendő módon, a Vegyészkonferencia céljának tekintettük tehát, hogy integratív multidiszciplináris szerepet töltsön be, így a hazai kémiai közösség szereplői jobban rálássanak egymás szakterületére, ezen keresztül pedig jobban értsék saját tevékenységük, személyük és intézményük helyét e tágabb szakmai hálózat vonatkozásában. Mindez hozzájárulhat ahhoz, hogy erősödjön a résztvevők szakmai identitása, az eddigieken túlmutatóan szélesedjen szakmai látókörük, gazdagodjon személyes szakmai és szociális kapcsolati

rendszerük, katalizálva az ebből kiaknázható együttműködéseket, interdiszciplináris interakciókat és szinergiákat. Hangsúlyt kívántunk adni annak is, hogy a konferencia a fiatalabb korosztály (pályakezdők, PhD- és egyetemi hallgatók) számára mind a szerzett új ismeretek és kapcsolatok, mind pedig a számukra nyújtott szereplési lehetőség tekintetében hasznos legyen. Igyekeztünk továbbá a konferencia szakmai programjának felépítésével, illetve az előadók ilyen irányú orientálásával azt is bemutatni, hogy az egyes előadott témák hogyan illeszkednek az alap- és célzott kutatások, illetve az innováció láncolatába.

A kitűzött céloknak megfelelően választottunk rendhagyó formát: a tematikus szekciók mellett villámprezentációval színesített poszterszekció, valamint moderált kerekasztal-beszélgetés is szerepelt a programban. Nem voltak párhuzamosan futtatott szekciók, hanem az egyes tematikus szekciókban a meghívott előadásokat egy hosszabb moderált paneldiszkusszió követte a szekció összes előadójának részvételével. Az előadókat arra kértük, hogy elsősorban koncepcionális üzeneteket közvetítő, „megismertető" jellegű, és a szakmailag sokszínű hallgatóság számára jól befogadható előadásokkal készüljenek, továbbá arra bátorítottuk őket, hogy előadásukban jelenítsenek meg személyes elemeket, víziókat, problémafelvetéseket és térjenek ki tevékenységüknek a fent említett innovációs láncban betöltött szerepére is. Ez a megközelítés egyúttal teret és lehetőséget ad az előadó számára, hogy olyan gondolatokat, szemléleti kérdéseket, nézőpontokat és problémákat mutasson be, amelyekre egy szakterületi konferencián általában nincs mód. A szóbeli előadások mellett két poszterszekciót szerveztünk korlátlan résztvevői létszámmal. Itt az újdonság az volt, hogy a poszterbemutatók előtt a szerzők egyike (jellemzően a legfiatalabb) rövid (2 perces) villámprezentációban ismertethette a munka lényegét abból a célból, hogy felkeltse a hallgatóság érdeklődését, és odacsalogassa a közönséget a poszteréhez egy mélyebb diszkusszióra. Egy szakmai zsűri mindkét napon 3-3 egyenrangú díjat ítélt oda az általuk legjobbnak tartott poszter/villámprezentáció kombinációnak, továbbá mindkét napon egy-egy közönségdíjat is kiosztottunk. A konferencia harmadik eleme pedig egy moderált kerekasztal-beszélgetés volt a kémia oktatásának helyzetéről. Mindezt színesítette a nyitó szekció, amelyet a Periódusos Rendszer Nemzetközi Évének szenteltük, és a fizikusok, illetve a vegyészek szemszögéből mutatta be Mengyelejev felfedezésének jelentőségét.

A konferencia szakmai bizottsága a szekciók tématerületeinek kiválasztásánál azt a vezérelvet követte, hogy azok együtt jól lefedjék a magyar kémikustársadalom erősségeit, beleértve mind az egyetemeken, mind a kutatóintézetekben, mind pedig az iparban meglévő tudást és azok kapcsolódási pontjait. A hét tématerület a következő volt:

- Gyógyszerkutatás
- Környezetanalitika / élelmiszerkémia
- Kémiai szenzorok
- Olajipar
- Anyagtudomány
- Műanyag és bevonatkémia
- Szintetikus kémia

A szekciók három-három meghívott előadóját, ha a téma ezt engedte, az egyetemi, kutatóintézeti és ipari környezetből hívtuk a fent említett céloknak megfelelően.

A kezdetektől úgy gondoltuk, hogy ahhoz, hogy ez a megközelítés a gyakorlatban sikeres és hasznos legyen, a résztvevőknek, mind az előadóknak, mind a hallgatóságnak is a megszokottól eltérő mentalitással kell a konferenciához viszonyulnia. Az előadók részéről a szakmai közlések világából át kell váltani egy didaktikusabb, közérthetőbb, szemléletibb jellegű és személyesebb tónusú előadásmódra, „szélesebbre kell nyitni" a mondandót, ami csöppet sem könnyű! Az előadásoktól tehát azt vártuk, hogy a szakmai üzenetek mellett rendelkezzenek olyan, a fent említett elvek mentén megfogalmazott „meta-üzenetekkel" is, amik önmagukban is értékesek azok számára, akik a szakmai részletekben nem járatosak. Ennek megfelelően a fő előadások meghívásos alapúak voltak. Ami pedig a hallgatóságot illeti, túl kell lépni azon a paradigmán, hogy a konferenciát valaki akkor tekinti hasznosnak, ha az számára szakterületi újdonságot vagy szereplési lehetőséget nyújt. Az idei Vegyészkonferenciát elsősorban azok számára kívántuk hasznossá tenni (nagy hangsúlyt adva a pályakezdő generációnak), akik a fent említett ismereteket keresik, amihez egy szélesebb értelemben befogadó attitűd, valamint a paneldiszkussziókban és a poszterszekciókban aktív részvétel szükségeltetik.

Oktatási kerekasztal. Balról: Szántay Csaba (Richter Gedeon Nyrt.), Prokainé Hajnal Zsuzsanna (Egri Dobó István Gimnázium), Tóth Zoltán (Debreceni Egyetem), Fazekas Ida (Eszterházy Károly Egyetem), Murányi Zoltán (Eszterházy Károly Egyetem)

A konferencián 156-an vettek részt, ebből 35 diák volt. Elhangzott 22 előadás, és 69 posztert mutattak be. A poszterek szerzői közül 29 fiatal vállalta a flash előadást.

A sok előkészítő munka után természetes, hogy a konferencia szervezői és az IB tagjai kíváncsian várták, hogyan fogadja a vegyésztársadalom az újításokat. Mi élveztük a konferenciát, és úgy éreztük, ha nem is működött még tökéletesen az új koncepció (mint mindent, ezt is tanulni kell!), a céljait nagyrészben elérte. De ennél is fontosabb, hogy a résztvevők hogyan értékelik mindezt. Éppen ezért a résztvevők véleményének pontosabb megismerésére egy 11+1 kérdésből álló kérdőívet állítottunk össze. A kérdésekre 1–5 pontos értékelést, illetve szóbeli véleményt is kértünk. A kiértékelés eredménye olvasható alább. A kérdőív egyes pontjainál megadtuk az átlagpontszámot, valamint a szóbeli értékelés rövid, a lényeget kiemelő összefoglalását.

1. Alapvető szakmai ideológia (Értékelés: 4,5)

A résztvevők megelégedettséggel fogadták, hogy a szóbeli előadásokat egy szekcióban tartottuk, és így mindenkinek lehetősége volt az összes előadás meghallgatására. Jó ötletnek tartották, hogy van egy fórum, ahol a különböző szemléletű, más-más területről érkező szakemberek megoszthatják egymással a tudásukat, nézeteiket. Sokan megjegyezték, hogy jól hasznosítható ötleteket kaptak saját témájuktól eltérő területek előadóitól. Javasolták, hogy az egyes témakörökhöz hallgatókat is hívjunk előadni.

2. A fő előadások színvonala, haszna (Értékelés: 4,3)

Az előadások színvonalával elégedettek voltak a válaszadók. Megjegyezték azonban, hogy néhány esetben az előadók túlságosan belementek a szakmai részletekbe, vagy olyan sok időt fordítottak a tankönyvi ismere-

tek elmagyarázására, hogy nem maradt idő a saját munka bemutatására. Többen dicsérték a periódusos rendszerről szóló két nyitóelőadást, az ipari területeket bemutató előadásokat, és kiemelték Hajas János előadását. Kritikaként megjegyezték, hogy nem minden előadó tartotta be a rendelkezésre álló időkeretet, és így nem maradt idő a vitára.

3. A paneldiszkussziók (Értékelés: 4,0)

A 3-3 szakmai előadást követő paneldiszkussziót a legtöbben nagyon jó kezdeményezésnek tartották, kiemelve, hogy újszerű, pörgős. A jól felkészült moderátorok azonnali kérdései miatt nem követte a gyakran előforduló kínos csend az előadásokat. Néhányan sajnálták, hogy az elhúzódó előadások miatt nem minden esetben maradt kellő idő, és javasolták, hogy a jövőben hosszabb időt tervezzünk a paneldiszkussziókra. Kevesebben voltak, akik jobban kedvelik az egyes előadásokat közvetlenül követő vitát. Mások úgy látták, hogy a három, esetleg nem túl hasonló szakmai területet ismertető előadás után csak túlságosan általános kérdéseket lehet feltenni az előadóknak. Többen megjegyezték, hogy jobb lett volna, ha a hallgatóság aktívabban segíti az üléselnököket.

4. Poszterszekcióhoz kapcsolódó flash prezentáció (Értékelés: 4,4)

A flash prezentáció bevezetésével kapcsolatban érkezett a legtöbb írásbeli válasz. A válaszadók hangsúlyozták, hogy nagyon jó és hasznos kezdeményezés, sőt volt, aki a legjobbnak ítélte, mert segíti a tájékozódást a nagyszámú poszter befogadásában, valamint a poszter készítői is bemutatkozhatnak egy jól összefogott, szóbeli előadással. Megjegyezték, hogy jó volt látni a sok lelkes fiatalt, akik nagyon komolyan vették a feladatot. Azt is méltányoltak a válaszadók, hogy szigorúan vettük az időkorlátot, bár a szervezőknek nem volt könnyű megszakítani a lendületes bemutatókat. Kritikaként felhozták, hogy a két perc túl rövid, valamint a hallgatóság befogadóképessége is csökken 5-6 flash prezentáció után, ezért célszerű lenne időközönként beiktatni egy kis szünetet.

5. A poszterek díjazása (Értékelés: 4,4)

A válaszadók megjegyezték, hogy a poszterek színvonala jó, nemzetközi szinten is megfelelő. A közönségdíj bevezetése elnyerte a válaszadók tetszését. Általában dicsérték a zsűri értékelését, és azt, hogy megegyezett a közönség és a zsűri véleménye.

6. Oktatási kerekasztal (Értékelés: 4,2)

Dicsérték a résztvevők kiválasztását, azok nyílt véleményalkotását ebben a fontos témában. Megjegyezték, hogy a moderátor kiválóan vezette a beszélgetést, és javasolták ennek a diszkussziós formának a bevezetését más területeken is. Jó lett volna azonban, ha nemcsak a pedagógusok, oktatók, hanem a döntéshozók is jelen vannak.

7. Szervezés (Értékelés: 4,7)

A válaszadók dicsérték az MKE-hez méltó, professzionális, hibamentes szervezést. Kritikaként azt hozták fel, hogy az előadóknál szigorúbban kellene venni a rendelkezésre álló idő betartását, hogy ne maradjon el az előadásokat követő diszkusszió. Javasolták továbbá, hogy legyen egy közös, sétálós kirándulás, és legalább a középső napon egy közös ebéd.

8. Helyszín (Értékelés: 4,3)

A helyszín, az Eszterházy Károly Egyetem Díszterme, csodálatos, méltó környezetet biztosított, de a nagy melegben hiányzott a légkondicionálás. A szépülő városnak is örült mindenki, ám annak nem, hogy a munkagépek zaja néha elnyomta a halkabb szavú előadók hangját.

9. Esti fogadások (Értékelés: 4,8)

Az első napi fogadás ételkínálatát néhányan kissé kevesellték, de a záró borházas vacsorát, a pince bemutatását, a borkóstolót, a finom ételeket minden válaszadó dicsérte. A dicséret mellett egy válaszban megjegyezték, ha a vacsora szerényebb, azaz olcsóbb lenne, több fiatal vehetne részt a konferencián, és volt, aki a közös táncolást, éneklést hiányolta.

10. Összességében a konferencia ismeretnövelő és szociális kapcsolatokat építő haszna (Értékelés: 4,5)

Nagyon sok fiatal volt a konferencián, bizonyára sok egymást segítő szakmai és baráti kapcsolat alakult ki. Új ismeretekkel és új kapcsolatokkal gazdagodtunk. A konferencia formabontó jellege üdítő, szemléletformáló volt.

11. Összességében a konferencia hangulata (Értékelés: 4,8)

A nagy meleg ellenére jó hangulatú volt a konferencia. Jó volt látni sok lelkes fiatalt, különösen a flash prezentációt bemutatók igyekezetét.

12. Egyéb megjegyzések, javaslatok

A válaszadók megjegyezték, hogy kevesen képviselték a BME-t, a debreceni és a szegedi egyetemeket.

A válaszok értékelése után megállapíthatjuk, hogy a megújult, általános tematikájú Vegyészkonferencia jó úton halad, de az ez évi tapasztalat alapján még lehet és kell finomítani a megvalósításán.

Az egyszekciós szervezés a jövőben is követendő forma egy ilyen interdiszciplináris konferencia esetében. A szervezők feladata, hogy az előadók figyelmét még erőteljesebben hívják fel a konferencia ideológiájának megfelelő előadói stílusra, a túlságos szakmai mélységek elkerülésére. Megfontolandó a paneldiszkussziókra szánt idő megnövelése a moderátori szerep további erősítése mellett. A flash prezentációk bemutatását, amit nagy érdeklődéssel és elismeréssel fogadtak a résztvevők, továbbra is folytatjuk. Ugyancsak a szervezők feladata, hogy felhívják a prezentációt készítők figyelmét, hogy rövid bemutatójukban ne a témájuk előzményeit, hanem a feladat fontosságát, egyediségét mutassák be hatékony képi eszközökkel.

Ismét hangsúlyoznunk kell, hogy az új koncepció mind előadói, mind befogadói, mind üléselnöki és moderátori, mind szakmai zsűrizési, mind pedig szervezési oldalról még „tanulási fázisban" van. Mint minden erőteljes kulturális változás esetében, teljesen érthető, és a várakozásunkkal is egybecseng, hogy az értékelések megosztott képet mutattak. Miután azonban az új szervezési forma, annak kiforratlan vonatkozásai ellenére, döntő többségben tetszést aratott, és miután a megvalósítás számos, a jövőre vonatkozó tanulságot feltárt, minden okunk megvan hinni abban, hogy ez a forma a jövőben még sikeresebb lesz. Ennek érdekében azonban az is fontos feladata az MKE vezetőségének, hogy nagyobb legyen a részvétel a konferencián, ehhez a megújulást és annak eredményeit kell a tagsággal megismertetni.

Végezetül köszönjük mindenki segítségét, aki a konferencia sikeréhez hozzájárult. Az Eszterházy Károly Egyetemnek a helyszínt, az MKE titkárságának szervezést, az IB-ből alakult szakmai bizottságnak az előkészítést, az előadóknak, moderátoroknak, poszterkészítőknek, a kerekasztal-beszélgetés résztvevőinek a színvonalas szakmai hozzájárulást. De legfőképpen a résztvevőknek, hogy megtisztelték rendezvényünket. Köszönjük továbbá a válaszadóknak, hogy véleményükkel, ötleteikkel és javaslataikkal hozzájárultak az idei konferencia tapasztalatainak kiértékeléséhez és a jövőbeli konferenciák eredményesebb szervezéséhez. A konferencia sikeréhez nagymértékben hozzájárultak támogatóink és a kiállító cégek, amiért szintén köszönetet mondunk:

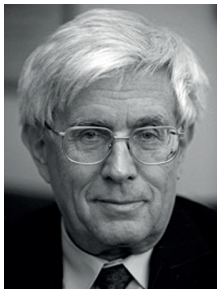
RICHTER GEDEON
SANOFI
EGROKORR FESTÉKIPARI ZRT.

KIÁLLÍTÓINK

Anton Paar
instruments
Green Lab
nanosurf
MOLAR CHEMICALS KFT

1. Nemzetközi Kálmán Alajos-díj

Az 1. Nemzetközi Kálmán Alajos-díj ünnepélyes átadására 2019. augusztus 21-én került sor a Bécsi Egyetem Nagy Dísztermében a 32. Európai Krisztallográfiai Találkozó keretei között a család és az Európai Krisztallográfiai Szövetség (ECA) öt – mostani és korábbi – elnökének a jelenlétében. A díjazott Luigi R. Nassimbeni, a Fokvárosi Egyetem professzor emeritusa, a nemzetközileg is rendkívül elismert Szupramolekuláris Kémiai Központ megalapítója, aki szupramolekuláris kémiai kutatásaiért, a zárványvegyületek termodinamikájának, kinetikájának és elválasztási technikáinak területén elért kimagasló eredményeiért, valamint ipari folyamatokban a gyenge kölcsönhatások fontosságának felismeréséért részesült a kitüntetésben (https://ecanews.org/blog/first-alajos-kalman-prize-for-luigi-nassimbeni/). Nassimbeni professzor a díjátadás után tudományos előadásban mutatta be tevékenységét, legújabb eredményeit, kiemelve a tudásátadás fontosságát, a legifjabb generáció, doktoranduszai munkáit is. Az előadása elején megemlékezett Kálmán Alajos professzor dél-afrikai látogatásairól, arról, hogy a Nemzetközi Krisztallográfiai Unió alelnökeként milyen fontos szerepet vállalt az ország apartheid utáni tudományos nyitásában, s az utolsó 2009-es fokvárosi és stellenboschi út alkalmával tartott, magával ragadó előadásairól.



Kálmán Alajos

Az ünnepségen (balról): Kálmán Csaba, Bombicz Petra, Kármánné Herr Franciska, Kálmán András, Luigi Nassimbeni és Udo Heinemann

Kálmán Alajos (1935–2017) Széchenyi-díjas magyar kémikus, az MTA rendes tagja, a krisztallográfia neves kutatója volt. 1996 és 2007 között az MKE elnökeként is tevékenykedett. Fő kutatási területe a kémiai krisztallográfia és a molekulaszerkezet-kutatás volt. Ő maga több tudományos és nemzeti díj birtokosa, szakterületén úttörőnek számító eredményeket ért el.

A róla elnevezett tudományos díjat Kármánné Herr Franciska, Kálmán András és Kálmán Csaba alapította a Magyar Kémikusok Egyesületénél, majd a díjat befogadta az Európai Krisztallográfiai Szövetség, hogy megőrizzük egy kiemelkedő teljesítményt nyújtó tudós emlékét. A kitüntetés célja azon kutatók elismerése, akik a szerkezetkutatás területén az elmúlt 5-10 évben kimagasló eredményeket értek el. A díj odaítélése hároméves ciklusokban történik: három évből kettőben nemzetközi díj, a harmadikban hazai díj kerül átadásra.

Udo Heinemann, az ECA elnöke és Luigi Nassimbeni, a díjazott

A Nemzetközi Kálmán Alajos-díj meghirdetésére azokban az években kerül sor, amelyekben az ECA konferenciát tart. Az ECA SIG13 „A molekulaszerkezet és a kémiai tulajdonságok kapcsolata” szakosztályának elnöke által összeállított díjbizottság – melybe az MKE egy tagot delegál – dönt arról, hogy kinek adományozzák a díjat. A második díjátadóra 2021 augusztusában kerül sor Versailles-ban, a 33. Európai Krisztallográfiai Találkozón.

Minden harmadik évben adják át a hazai Kálmán Alajos-díjat. Ezekben az években a Nemzetközi Krisztallográfiai Unió tart kongresszust, és nem szerveznek ECA-konferenciát. Az alapítók az MKE által kinevezett kuratóriumi elnökkel állítják össze a díjbizottságot. A díj nem kötődik szakosztályhoz; egy oklevelet, egy bronz emlékérmet és pénzjutalmat tartalmaz. A jutalom pénzügyi fedezetét az alapítók biztosítják, de bárki által tett utólagos felajánlásokat is elfogad az MKE.

Az első hazai Kálmán Alajos-díj átadására 2020-ban kerül sor. A díjazási felhívás az egyesületi honlapon és az MKL-ben jelenik meg március elején, a jelölt egy-két oldalban összefoglalt szakmai bemutatását és hivatkozási listáját várva. A jelöléseket 2020. március 31-ig fogadja az MKE Titkárság. A kitüntetés átadása ünnepélyes keretek között, az MKE Küldöttközgyűlésén vagy az adott évben a Kuratórium által meghatározott tudományos konferencián fog zajlani. Kérjük, már most kezdjenek gondolkodni, kit javasolnak az első magyar Kálmán Alajos díjra!

Bombicz Petra
az ECA SIG13 elnöke

XX. EuroFoodChem konferencia

A EuChemS keretében működő Élelmiszer-kémiai Divízió (Food Chemistry Division, FCD) 2019. június 17. és 19. között Portóban (Portugália) rendezte meg a jubileumi XX. EuroFoodChem konferenciát, amely a Divízió legrangosabb konferenciasorozata. Az európai élelmiszer-tudomány képviselőinek kétéves szakmai fórumára több mint 20 országból 310 résztvevő érkezett, 112 szóbeli

Magyar résztvevők a XX. EuroFoodChem konferencián (balról: Nagy Edina, Takács Krisztina, Juhász Réka, Benedek Csilla, Simonné Sarkadi Livia, Kenesei György, Kaltrina Berisha, Jakab Ivett)

előadás és 144 poszter került bemutatásra. Magyarországot 9 résztvevő képviselte, ezzel az országok között a hatodik legnagyobb létszámú delegációval vett részt a rendezvényen.

Az elhangzott előadások fő kutatási irányai: egyrészt a fő élelmiszer-alkotók mellett a nyersanyagban fellelhető polifenol-források felkutatása (különösen élelmiszeripari melléktermékekből), másrészt az élelmiszer-biztonság megőrzése, illetve az élelmiszer-hamisítás elleni harc erősítése volt.

A magyar résztvevők három szóbeli előadással és hat poszterbemutatóval járultak hozzá a konferencia sikeréhez. Simonné Dr. Sarkadi Livia, a Szent István Egyetem (SZIE) tanszékvezető egyetemi tanára, a EuChemS Élelmiszerkémiai Divíziójának korábbi elnöke (2009–2014), a konferencia tudományos szervező bizottságának tagja, plenáris előadással nyitotta meg a nemzetközi konferenciát. A professzor asszony a EuChemS FCD Czedik–Eysenberg Lecturer rangos kitüntetésében részesült, melyet előadása után a Divízió jelenlegi elnöke adott át.

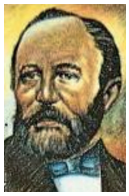
A Semmelweis Egyetem oktatói közül Benedek Csilla a különböző édesítőszerekkel készült lekvárok minősítéséről, Juhász Réka az élelmi rostokkal dúsított kekszek összehasonlításáról tartott előadást.

A SZIE Élelmiszertudományi Karának munkatársai és hallgatói poszteren mutatták be legújabb eredményeiket az alábbi témakörökben: nagy hidrosztatikai nyomással kezelt húsok minősége (Kenesei György), lipázenzim-termelés fokozásának lehetőségei (Nagy Edina), köleslisztből készült ostya vizsgálata (Jakab Ivett), lágysajtok minősítése aminosav-összetétel alapján (Kaltrina Berisha).

A NAIK Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet munkatársa, Takács Krisztina a gluténtartalom kimutatásának analitikai módszereit ismertette.

A konferencia jó hangulatú szakmai környezetet biztosított a résztvevők számára a személyes és a szakmai kapcsolatok kiépítésére és megerősítésére.

Hermánné Dr. Juhász Réka



VI. Nemzetközi Müller Ferenc Kémiai Emlékverseny

A 2019/2020-os tanévben a Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium és Poysdorf Város Önkormányzata (Ausztria), a Müller Ferenc Társaság újra meghirdeti a 7–8. osztályos diákok számára a VI. Müller Ferenc Kémiai Emlékversenyt.

Helyszín: Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium és Kollégium. **Időpont:** 2019. december 13. péntek 10 óra.

Versenyünket meghirdetjük a Vajdaságban is, ahol külön selejtezőt tartunk **2019. november 30-án, szombaton 10 órakor Zentán, a Petőfi Sándor általános iskolában.**

A verseny célja, hogy felkeltsük a diákok figyelmét a kémiai elemek sokszínűségére és változatosságára, felfedezésükre, elnevezésükre, fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságaikra és felhasználásukra. Jelentkezni egyénileg vagy csapatosan lehet (**max. 2 fő egy csapatban**), egy iskolából több csapat is részt vehet a versenyen. A zentai selejtező fordulóban a részt vevő csapatok tesztet töltenek ki, majd ott rögtön ezt ki is javítjuk, és az első három csapat részt vehet a bonyhádi döntőn. A bonyhádi döntő kétfordulós, az írásbeli után a legeredményesebbnek bizonyuló 6 csapat nyilvános megmérettetésen méri össze tudását iskolánk díszteremében, kvíz formájában.

Irodalomnak bármilyen szervetlen kémiai, a kémiai elemek felfedezésével foglalkozó szakkönyvet vagy internetes forrásokat ajánlunk.

A verseny fődíja egy ausztriai kirándulás Bécsbe, illetve Poysdorfba, Müller Ferenc szülővárosába. Természetesen a verseny további helyezettjei is értékes nyereményekkel gazdagodnak.

Jelentkezni 2019. november 24-ig lehet a Bonyhádi Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium honlapján, a Versenyeink/Müller Ferenc kémiaverseny menüpontban lehet.

Részletes információ a mullerferencemlekverseny@gmail.com e-mail-címen kérhető, illetve Fajka Valéria tanárnőnél lehet érdeklődni, a fajka.valeria@gmail.com címen.

Jó felkészülést kívánunk, és szeretettel várunk minden érdeklődő tanulót a versenyre!

Andorka Gábor
igazgató

Nagy István
versenyszervező

Fajka Valéria
vajdasági szervező

HÍREK AZ IPARBÓL

Vegyipari mozaik

Ötmilliárdból fejlesztett az Egis Körmenden. A galenikus üzem 5 milliárd forintos beruházással jött létre, amelyhez a vállalat 950 millió forintos vissza nem térítendő GINOP-támogatást nyert el. Az Egis olyan iparágban hozott létre egy csúcstechnológiát képviselő gyáregységet, amelynek rendkívül innovatív és kutatásigényes területei vannak, emellett magas hozzáadott értékkel bíró termékeket állít elő, és van tere a hazai és a külpiaci értékesítés növekedésének is.

A galenikus gyógyszerek olyan betegségek kezelését célozzák, amelyekre jelenleg még nincs minden szempontból kielégítő gyógyszeres terápia. *(mfor.hu)*

Szolgáltatóközpontot nyitott a Sanofi Budapesten. A beruházással 350, magas hozzáadott értéket képviselő új munkahelyet hoznak létre. Dominique Carouge, a Sanofi Business Transformation globális alelnöke Magyarországot jó választásnak nevezte, a cég elkötelezett a további bővítés mellett az országban. Elmondta, hogy öt egységük működik Magyarországon, közöttük az egyik az új üzleti szolgáltatóközpont, és 1991 óta 230 milliárd forintot fektettek már be Magyarországon. A cégnek 110 éve van üzleti kapcsolata magyar partnerekkel.

Az új központ a Sanofi két globális szolgáltatóközpontjának egyike, amely pénzügyi, könyvviteli tevékenységeket és HR-szolgáltatásokat, valamint adatkezelést végez az európai és északamerikai érdekeltségek részére.

Letették a Mol 1,2 milliárd euróból épülő poliol-komplexumának alapkövét Tiszaújvárosban, amely 2021-ben kezdi meg működését, és 200 embernek ad majd munkát. Az 1,2 milliárd euróból megvalósuló projekt a Mol eddigi legnagyobb organikus beruházása.

A tiszaújvárosi Mol Petrolkémia lesz az egyetlen olyan cég Magyarországon és az egész közép-kelet-európai régióban, amely a kőolaj kitermelésétől kezdve a poliéter poliolok gyártásáig integrált értéklánccal rendelkezik.

Az üzem a Mol történetének eddigi legnagyobb organikus beruházása, összesen 1,2 milliárd euróból valósul meg. A magyar kormány 131 millió euróval (társasági adókedvezménnyel és beruházási támogatással) segíti a projektet. A Mol számításai szerint az üzem évente közel 150 millió euróval járul majd hozzá a Mol-csoport pénzügyi eredményéhez (EBITDA-hoz). A poliol ma az egyik legkeresettebb műanyag-alapanyag, az autógyártástól kezdve a ruhaiparon át a hőszigetelésig számos iparágban használják. A tiszaújvárosi üzemben a ma elérhető egyik leghatékonyabb és környezetkímélő módszerrel állítanak majd elő poliolt, a thyssenkrupp Industrial Solutions és az Evonik által használt HPPO (hidrogén-peroxidból propilén-oxid) eljárással.

A Mol-csoport Enter Tomorrow üzleti stratégiájával összhangban 2030-ig 4,5 milliárd dollárt fordít közép-kelet-európai petrolkémiai és vegyipari növekedési projektekre. Ennek egyik mérföldköve a poliol-beruházás, illetve a korábban átadott szintetikus gumigyár is. A Mol-csoport és a japán JSR Corporation szintetikus gumit (S-SBR) gyártó üzeme évente 60 000 tonna műgumit állít elő, és több mint 100 új munkahelyet teremt Tiszaújvárosban. A műgumi legfontosabb alapanyaga a butadién, amelyet szintén a Mol Petrolkémia 2015-ben átadott üzeme állít elő. *(Mol)*

2021-től akár a szerbiai importból is ellátható lehet Magyarország teljes gázigénye. A kapacitásaukcióra hamarosan sor kerülhet. Az ukrán–orosz tranzitszerződés körüli bizonytalanság okán csurig vannak a hazai gáztárolók. Soha nem volt még olyan, hogy Magyarország összes gáztárolója tele legyen, de most 6,3 milliárd köbméternyi gáz betározása történt meg. Ráadásul az MVM és a magyar állam pénzt is tud ezzel keresni, mivel a Gazprom 950 millió köbméternyi gázt tárol Magyarországon a további déli és nyugati irányú szállításokhoz.

A bolgár hatóságok már aláírták azt a kivitelezési engedélyt, amelynek révén megvalósulhat az orosz gáz Magyarországra szállítása Bulgárián és Szerbián keresztül. Ez éves szinten 10 milliárd köbméter gáz beszállítását teszi majd lehetővé Szerbia irányából Magyarország felé.

„Fontos a nemzetközi tapasztalat, de az mindinkább, hogy hazahozzuk a tudást." Kiemelkedő tudományos, oktatói és tudományszervezői tevékenységéért József Nádor Emlékérmet vehetett át Nyulászi László, a BME VBK tanszékvezetője a tudományos kutatásban és kutatóképzésben elért kimagasló eredményeiért. *(BME)*

Ritz Ferenc összeállítása

Sohár Pál „Kedvenc zenéim 2." címmel tart előadást
Időpont: 2019. december 6., péntek, 15 óra
Helyszín: MKE Titkárság előadóterme
1015 Budapest, Hattyú u. 16. II. em. 8.

MKE-hírek

Nívódíjak, 2019

A Magyar Kémikusok Egyesülete 2019. évi pályázatára beérkezett 31 színvonalas pályamunka közül a Műszaki-Tudományos Bizottság a következő 13 pályázatot jutalmazta Nívódíjjal:

Pályázó neve	Témavezető	Egyetem	Diplomamunka címe
Bognár Zsófia	Gyurcsányi E. Róbert	BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Enzimatikus eljárások alkalmazása mikroRNS-ek multiplex meghatározásához képalkotó felületi plazmonrezonanciával
Buglyó Balázs	Kurtán Tibor	DE TTK	Domino gyűrűzárási reakciók vizsgálata kondenzált királis O-heterociklusok előállítására
Decsi Balázs	Balogh Diána Balogh György Tibor	BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Metalloporfirin-alapú biomimetikus oxidálórendszer fejlesztése és alkalmazása töltött ágyas reaktorban
Efremova Anastasiia	Sápi András	SZTE TTIK Kémiai Intézet	Optimizing noble metal free catalysts for CO_2 activation towards high activity and selectivity
Fecske Dóra	Kasza György Iván Béla	ELTE TTK Kémiai Intézet	Hiperelágazásos poliglicidol- és poli(tetrahidrofurán)-alapú ABA triblokk-kopolimerek mint önszerveződő gyógyszerhordozó nanorészecskék
Gina Annisa Gunarto	Kiss Gyula	PE Mérnöki Kar	Chemical and optical characterization of winter rural aerosol
Kissné Menkó Orsolya	Szalay Luca	ELTE TTK Kémiai Intézet	A kémiai és fizikai tévképzetek fejlődésének vizsgálata
Lantos Emese	Tóth Ágota	SZTE TTIK Kémiai Intézet	Iminalapú oszcillátorok tervezése: iminek autokatalitikus hidrolízise
Mayer Szabolcs	Keglevich Péter	BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Új, várhatóan daganatellenes hatású Vinca alkaloid- és flavonoid-származékok szintézise
Prekob Ádám	Vanyorek László	ME Műszaki Anyagtudományi Kar	Nitrobenzol katalitikus hidrogénezése szén nanocső hordozós katalizátorok alkalmazásával
Sikora Emőke	Vanyorek László	ME Műszaki Anyagtudományi Kar	Klorátionok katalitikus hidrogénezése nanoszerkezetű katalizátorok alkalmazásával
Simkó Irén	Császár Attila G. Szidarovszky Tamás	ELTE TTK Kémiai Intézet	On the computation of bound and unbound rovibrational states of weakly-bound molecular systems
Zagyva Tamás	Balázsi Katalin Balázsi Csaba	ELTE TTK Kémiai Intézet	Examination of novel electrosprayed biogenic hydroxyapatite coatings on Si_3N_4 and Si_3N_4/MWCNT ceramic composite

„Magyar Gyógyszerkutatásért” díj, 2019

Az „Alapítvány a Magyarországi Gyógyszerkutatásért” közhasznú szervezet kuratóriuma, az alapítókkal (Hermecz István, Schön István és Novák Krisztina) egyetértésben a kimagasló hazai gyógyszerkutatási eredményeket elérő személyek elismerésére alapította 2006-ban a „Magyar Gyógyszerkutatásért” díjat. 2019-ben a díjat a kuratórium Blaskó Gábor akadémikusnak ítélte oda.

Blaskó Gábor vegyészmérnök, az MTA rendes tagja, az Egis korábbi kutatási igazgatója (1989–2007), majd a Servier Kutatóintézet első igazgatója (2007–2015) kiemelkedő szakmai eredményei között tartjuk számon: több évtizedes tevékenységét az originális és generikus gyógyszerkutatásban, úttörő szerepét a hazai generikus gyógyszerkutatás színvonalának megtartásában, az Egis generikus portfóliójának megújításában, a Servier Kutatóintézetben irányítása alatt több originális gyógyszerjelölt vegyület megszületését, kiemelkedő tudományos publikációs és szabadalmi tevékenységét, egyetemi és ipari együttműködést elősegítő munkásságát, folyamatos részvételét a szakmai utánpótlás képzésben, akadémiai szakmapolitikai tevékenységét. Összegezve: Blaskó Gábor kiemelkedő mértékben járult hozzá a magyarországi kémiai alap- és gyógyszerkutatás hírnevének fenntartásához és öregbítéséhez, valamint közéleti tevékenysége által jelentős részt vállalt a tágabb körben vett hazai tudományos kutatás és fejlesztés színvonalának emelésében.

A „Magyar Gyógyszerkutatásért” díj eddigi kitüntetettjei: Szántay Csaba (2007), Knoll József (2008), Pallos László (2009), Korbonits Dezső (2010), Bajusz Sándor (2011), Tuba Zoltán (2012), Tőke László (2013), Görög Sándor (2014), Fogassy Elemér (2015), Magyar Kálmán (2016), Bogsch Erik (2017), Simig Gyula (2018).

Fülöp Ferenc
a Kuratórium elnöke

Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2020. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2020. évi díja fizető egyesületi tagjaink számára 1400 Ft. Kérjük, hogy az előfizetési díjat a tagdíjjal együtt szíveskedjenek befizetni. Lehetőség van átutalással rendezni az előfizetést a Titkárság által küldött számla ellenében. Kérjük, jelezzék az erre vonatkozó igényüket!

Köszönetet mondunk mindenkinek, aki 2019-ben kettős előfizetéssel hozzájárult a határon túli magyar kémikusoknak küldött Folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2020-ban is csatlakozzon a kettős előfizetés akcióhoz.

MKE egyéni tagdíj (2020)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy a **2020. évi tagdíj** befizetéséről szíveskedjenek gondoskodni annak érdekében, hogy a Magyar Kémikusok Lapját 2020 januárjától is zavartalanul postázhassuk Önöknek. A tagdíj összege az egyes tagdíjkategóriák szerint az alábbi:

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

Tagdíjbefizetési lehetőségek:

- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- a mellékelt csekken
- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u. 16. II/8.)

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

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

Konferenciák, rendezvények

Rendezvénynaptár – 2019

november 11–13.	62. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés és XIV. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia	Balatonszárszó
november 21.	Kozmetikai Szimpózium 2019	Budapest

62. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés

2019. november 11–13. SDG Családi Hotel és Konferencia Központ
(Balatonszárszó, Csárda utca 39–41.)
Rendezvény honlapja és online jelentkezés:
http://www.spektrokemia.mke.org.hu/
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix,
beatrix.schenker@mke.org.hu

XIV. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia

2019. november 11–13.
SDG Családi Hotel és Konferencia Központ
(Balatonszárszó, Csárda utca 39–41.)
Rendezvény honlapja és online jelentkezés:
https://www.mke.org.hu/KAT2019/
Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.
TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix:
beatrix.schenker@mke.org.hu

Kozmetikai Szimpózium 2019

2019. november 21.
Hotel Bara, Budapest, Hegyalja út 34.
Fő témakörök:

- Bőrdiagnosztikai eredmények felhasználása a termékfejlesztésben
- Új formulák és hatóanyagok
- A kozmetikai termékek konzerválása
- Antimikrobás növényi anyagok felhasználása a kozmetikai készítményekben
- Bőrtáplálás belsőleg alkalmazott táplálékkiegészítőkkel
- A fényterápia kozmetikai alkalmazásának kérdései

A rendezvény honlapja és online regisztráció:
https://e-conf.com/kozmetika2019/registration/
TOVÁBBI INFORMÁCIÓ: Schenker Beatrix, beatrix.schenker@mke.org.hu

Borsodi Vegyipari Napok

2019. november 28.
MTA Miskolci Akadémiai Bizottság Díszterem, Miskolc, Erzsébet tér 3.

Helyesbítés

A lap szeptemberi számában Huszár Csaba, Kis-Tamás Attila, Gajáry Antal szerzőktől „Imidazolinok szintézise” címmel megjelent cikkben a szerzők affiliációjaként tévesen Sanofi-Aventis szerepelt. Nevezett szerzők a Chinoin nyugdíjas munkatársai, amint az a cikk februárban megjelent első részéből egyértelműen ki is derül. Az a cikk Sanofi/Chinoin affiliációval jelent meg. A szerzők ezt a cikket is ezzel az aláírással küldték be. A felelős szerkesztő, a vállalat ismételt névváltoztatását követve, meggondolatlanul változtatta meg az affiliációt. Ez hiba volt. Amennyiben ezzel akaratlanul is a vállalatnak vagy valamely munkatársának sérelmet okoztunk volna, szíves elnézésüket kérjük.

Az MKL szerkesztősége

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXIV. No. 11. November

CONTENTS

Analytical chemistry research at the Chemistry Department, University of Szeged **334**
GÁBOR GALBÁCS, ISTVÁN ILISZ, ZOLTÁN GALBÁCS, and ANTAL PÉTER
The appropriate grey matter is ready for innovation, it should be just applied. An interview with Dennis Gabor Prize winner Zoltán Kónya **340**
TAMÁS KISS
Proteoglycans and their investigation by instrumental techniques **342**
GÁBOR TÓTH, KÁROLY VÉKEY, LÁSZLÓ DRAHOS, and LILLA TURIÁK
Bruckner Room Lecture
Synthesis of multivalent carbohydrates and their interactions with bacterial lectins **344**
MAGDOLNA CSÁVÁS
From grain to atomic mass **346**
GYÖRGY INZELT
Nature at 150 **350**
GÁBOR LENTE
Neverbeen elements. Austrium **351**
GÁBOR LENTE
Book review
A Life from Mosaics (by István Hargittai) **352**
TAMÁS KISS
The Sword and the Crucible (by Dóra Bobory) **353**
KRISTÓF KEGLEVICH
Cloud Poking
Centauria **355**
DEZSŐ CSUPOR
Chembits **356**
GÁBOR LENTE
The Society's Life
Chemistry Conference 2019: Implementation and evaluation of a new concept **358**
ZSUZSANNA KARDOS, PÉTER SZALAY, and CSABA SZÁNTAY, JR.
News of the Month **363**

Egy új fejezet a GC/MS-ben:

Thermo SCIENTIFIC
A Thermo Fisher Scientific Brand

A **Q Exactive™ GC Orbitrap GC/MS/MS** az érzékenység, a nagyfelbontás és tömegpontosság eddig elérhetetlen kombinációját nyújtja a legnagyobb kihívást jelentő analitikai feladatok megoldásához. Mivel egyedülálló teljesítménye a legkomplexebb minták teljes körű kvantitatív és kvalitatív jellemzését is lehetővé teszi, segítségével egy új fejezet nyílhat az élelmiszeranalitikai, bűnügyi, metabolomikai, klinikai és gyógyszeripari vizsgálatokban.

a Q Exactive™ GC Orbitrap GC/MS/MS

• további információ: thermoscientific.com/QExactiveGC

Kizárólagos képviselet:

UNICAM Magyarország Kft., 1144 Budapest, Kőszeg utca 27.

Telefon: +36 1 221 5536 • Fax: +36 1 221 5543

E-mail: unicam@unicam.hu • Web: www.unicam.hu

UNICAM Magyarország Kft.