

Kémiai PANORÁMA

2011. évfolyam 1. szám

Ára: 690 Ft (előfizetőknek 590 Ft)

A KÉMIA NEMZETKÖZI ÉVE

Javítani a társadalmi megítélést

2010. ÉVI NOBEL-DÍJAK

Szerves fémvegyületek bűvöletében

MÓDOSÍTOTT ÉLELMISZEREK

Kivont komponensek

KIRALITÁS II.

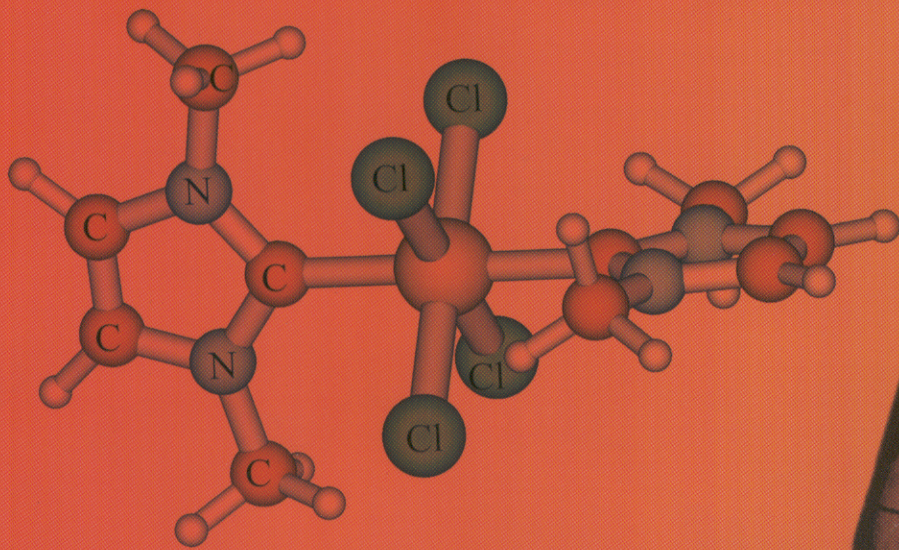
Gyógyszerek és egyéb

NÖVÉNYI EREDETŰ GYÓGYSZEREK

Sámántól a gyógyszergyárig

DÖGÉSZKÉNT AZ EÖTVÖS COLLEGIUMBAN

Interjú Kucsman Árpáddal



3-4 A Kémia Nemzetközi Éve

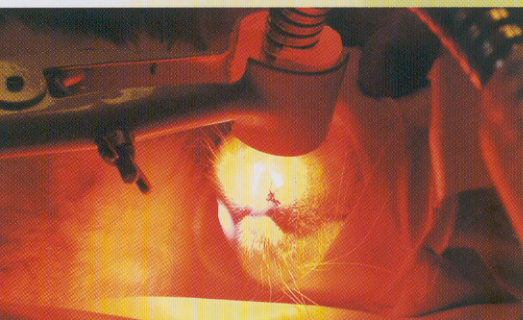
Javítani a társadalmi megítélést



2011
C
GÉMIKÉRT
International Year of
CHEMISTRY
2011

5-7 Jakus Judit: Fotodinamikus terápia

A fény sugar parancsa



8-9 Varga Szilárd: 2010. évi Nobel-díjak

Szerves fémvegyületek
bűvöletében



10-13 Kosárkó Tímea: Kémia és kriminalisztika

Bűnügyek kémiája



14-17 Mizsei Réka: Módosított élelmiszerek

Kívont komponensek



18-21 Bacsó András: Borkémia

Szőlő, must, bor



22-29

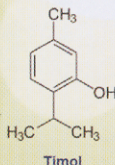
Simonyi Miklós:
Kiralitás II.

Gyógyszerek és egyébek



30 Tunyogi Tünde: Évfordulók

31 Kőszegi Lídia: Gyógyító molekulák növényekben: kakukkfű



32-35 Pálincás Péter: Növényi eredetű gyógyszerek

Sámántól a
gyógyszergyárig



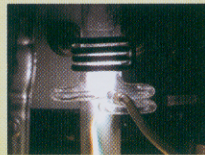
36-37 Varga Szilárd: 42. Kémiai Diákolimpia

Magyar sikerek



38-41 Mohai Ilona: Plazmatechnológia

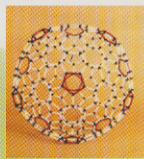
Hulladékkezelés



42-44 Sir Harold Kroto: Geodézia az anyagtudományban

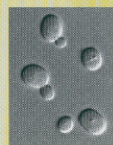


Szénrészeszkék
szerkezete



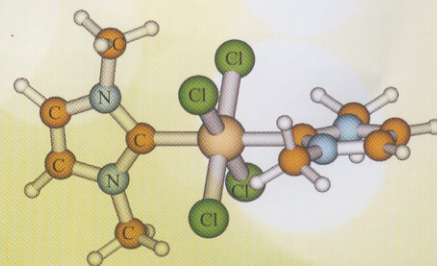
45-47 Irinyi György: A sör kémiája

A jó sör...



48-49 Nyulászi László: Modell és valóság

Számítógépes kémia



50-52 Héja László: Molekuláris fáklyák

Világító fehérjék



53-55 Lendvayné Győrök Gabriella:

A második
kutatótábor

Szeretik a kémiát



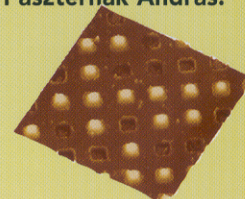
56-57 Gózon Ákos: Dögésként az Eötvös Collegiumban

Interjú Kucsman Árpáddal



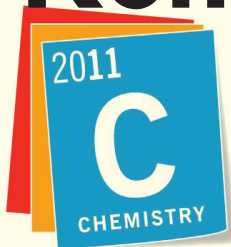
58-59 Paszternák András: Re-Akció

Közösségi oldal





A Kémia Nemzetközi Éve



2011.

International Year of CHEMISTRY 2011

Az ENSZ 2011-et a Kémia Nemzetközi Évnek (IYC) nyilvánította. Ez lehetőséget ad a kémikusoknak, hogy szakmájuk gazdag történetét és sikereit megismertessék az írástudó közönséggel, egyúttal hangsúlyozzák a kémia segítségét a jelen és jövő világméretű problémáinak megoldásában.

A nemzetközi évek témájáról az ENSZ igen széles körben válogat: 1990. az Írástudás, 1992. az Űr, 1994. a Család, 1998. az Óceán, 2003. az Édesvíz, 2005. a Sport és a Fizika, 2008. a Nyelvek és a Krumpli éve volt. Most, hogy eljött a kémia sora a 2011. Nemzetközi Évet az Erdőkkel osztjuk meg. Ideje, hogy lássuk a fától az erdőt és megjavítsuk a kémia társadalmi megítélését. Az IUPAC elnöke, Nicole Moreau szerint „a kémiát kétféleképpen magyarázzák félre. Az egyik szerint a kémia egy központi tudomány, ami minden egyéb természettudományban benne foglaltatik. Valóban, a kémia anyja számos modern tudományágnak, a modern biológia a kedvenc gyermeke. Bár ez egy nagy elismerés, azzal

a veszéllyel jár, hogy a kémia elveszti identitását. A másik félreértés főként a nagy nyilvánosság vélekedése: számos ország képzetlen lakossága a kémiát a környezetpusztulás és a rákos betegségek miatt kárhóztatja. Erre a kémikusoknak meggyőző választ kell adniuk.“

Adam Sandler amerikai humorista szerint: „A kémia jó és rossz dolog. Jó, ha szereted, rossz, ha utálsz.“ Ez rámutat arra, hogy a közönség vélekedését érzelmek irányítják. Ezeket érveléssel megváltoztatni nem könnyű feladat. A kémia már régóta túlnőtt az akadémikus szerves-, szervetlen- és fizikai-kémia felosztáson. A jól ismert katalitikus-, polimer- és anyagtudományi területek mellett olyan területekre is behatolt, mint a molekuláris genetika, és kifejlesztett nagyszámú analitikai módszert, amelyek gyakorlatilag a természettudományok valamennyi ágában használatosak. Ha figyelembe vesszük, hogy egyedül az Amerikai Kémiai Társaságnak több mint 30 szakosztálya (division) van, belátjuk, hogy a kémia általános meghatározása nem könnyű feladat. De a kémia azonosíthatóságának hiánya odáig vezetett, hogy a szakmát könnyű félreérteni. Ez a kémia rossz hírének alapja, s erről a vegyészek is tehetnek: hagyták, hogy laikusok határozzák meg mi, és mi nem a kémia!

Történelmi távlatba helyezve, 2011-ben van századik évfordulója Marie Curie kémiai Nobel-díjának, amit a polónium és rádium felfedezéséért kapott. Ismeretes, hogy ez Marie Curie második Nobel-díja volt: 1903-ban férjével (Pierre Curie) és Henri Becquerel-lel megosztva fizikai díjat kapott a radioaktivitás felfedezéséért. Curie tudományos karrierje azért is rendkívüli, mert eredményeit egy teljességgel férfiak uralta korban érte el. Ma kétségtelenül kevesebb akadály és előítélet hátráltatja a



Marie Curie



Joliot-Curie

tudományban, mint Curie idejében, mégis sokatmondó az 1901. óta odaítélt Nobel-díjak statisztikája: kémiai Nobel-díjat rajta kívül mindössze három nő kapott (1935. Irene Joliot-Curie, Marie Curie lánya; 1964. Dorothy Crowfoot Hodgkin; 2009. Ada Yonath). Így a Kémia Nemzetközi Éve arra is alkalmat ad, hogy elgondoljunk nők és férfiak tudományos esélyeinek viszonyáról.



Crowfoot Hodgkin



Ada Yonath

A kémia a sajtóban általában pozitív megítélésben jelenik meg. Írástudó ember nehezen ítél el egy tudományágat. Hanem a vegyszer, vagy kémiai anyagok becsmérlő szavak. A vegyszerek szívárogznak, fröccsennek, kilúgoznak, végül is mérgeznek és szennyezik a környezetet. A hiedelmet némelykor a kereskedelem is erősíti, amint egy szerves trágyát hirdető reklám merészen állította: 100 %-ban mentes kémiai anyagoktól. Az Angol Kémiai Társaság (Royal Society of Chemistry) sajtóközleményben igényelte vissza a kémiai anyag megjelölést a reklám- és hirdetési iparoktól, hogy véget vessen annak a mítosznak, miszerint a természetes

A KÉMIA ELŐTT ÁLLÓ KIEMELT CÉLOK

1. Az egészségügyi ellátás megjavítása a betegségek korai felismerését és megelőzését lehetővé tevő eljárások kidolgozása révén.
2. Az energiátárolás és -átalakítás módszereinek fejlesztése új típusú akkumulátorokban.
3. Energiatakarékosság olcsó és elterjedt elemek katalizátorként való felhasználásával.
4. Ha megértjük, hogyan készíti a természet poliszacharidokat, közelebb jutunk a telomerek (kromoszóma sapkák) képződésének és a rák kialakulásában játszott szerepüknek a megismeréséhez.
5. Fenntartható energiatermelés mesterséges fotoszintézis megvalósítása útján.
6. Funkcióval rendelkező molekuláris asszociátumok kialakítása.
7. Szelektív kölcsönhatások biztosítása és nem szelektív kölcsönhatások kiküszöbölése polimerek orvosi alkalmazása során.
8. A napenergia elektromos energiává alakítása műanyagokban, festékekben és kerámiákban.
9. A víz tisztításának fejlesztése.
10. A nukleáris hulladék csökkentése és biztonságos tárolásának megoldása.

eredetű készítmények mentesek a kémiai anyagoktól. A nagyobb nyomaték kedvéért egymillió angol fontot ajánlottak fel az első ember részére, aki olyan terméket produkál, amiben nincsen kémiai anyag. „Ha ezt bárki megtenné, évezredek tudása párologna el a szemünk előtt, összetépnénk tankönyveinket, elégetnénk diplománkat és átképeznénk tanárainkat.“ Talán nem kell hangsúlyoznunk, a Royal Society of Chemistry pénze biztonságban van, de nem árt tudatosá tenni a vegyészekben, hogy szakmánk ilyen alapvető torzításai mindennaposak. Amikor bizonyos vegyszerek hasznosnak bizonyulnak, nem is nevezik azokat kémiai anyagoknak, a „csoda gyógyszerek“ inkább orvosságok, mint kémiai vegyületek. A Mexikói Öbölben kiömlött olaj eltávolítására alkalmazott, emulziót képező anyag a CNN riportere szerint olyan polimer, ami nem vegyszer. Szegény polimerek, hiába tanultak olyan sok kémiát!

Ezért minden kémikusnak a maga területén van feladata szakmája megítélésének javításában.

Kívánjuk mindannyiunk nevében, hogy az IYC sikeres legyen!

**Összeállította
Simonyi Miklós**

AZ IYC SZERVEZŐI AZ ALÁBBI PROGRAMOT ÁLLÍTOTTA ÖSSZE A 2011. ÉVRE:

Január	Nők a kémiában
Február	Analitikai kémia
Március	Szerves / Szervetlen kémia
Április	Katalízis
Május	Fizikai kémia / Elektrokémia
Június	Megújító kémia
Július	Polimer kémia
Augusztus	Általános kémia
Szeptember	Vegyipar / Ipari kémia
Október	Anyagtudomány
November	Gyógyszerkémia / Biokémia
December	Az év értékelése

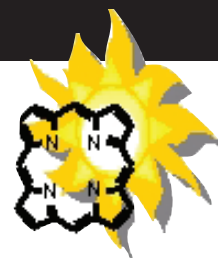


Források:

1. <http://www.nature.com/nchem/journal/v2/n8/index.html>
2. <http://www.nature.com/nchem/journal/v3/n1/full/nchem.933.html>
3. <http://www.nature.com/nature/journal/v469/n7328/full/469005a.html>
4. <http://www.nature.com/nature/journal/v469/n7328/full/469023a.html>
5. *Angewandte Chemie* 4/2011: Women in Chemistry
6. <http://www.rsc.org/AboutUs/News/PressReleases/2008/ChemicalFree.asp>
7. <http://cenblog.org/newscrips/2010/05/polymers-are-not-chemicals-cnn-says/>



ALVÓ ÜGYNÖKÖK RÁKOS SEJTEK ELLEN



Az Intel ISEF (International Science and Engineering Fair) középiskolások számára meghirdetett tudományos versenyre -- amelyen évente 50 ország több mint, 1600 tanulója vesz részt -- 2010-ben a 16 éves Amy Chiao texasi diák egy fényérzékenyítő anyagot (fotoszenzibilizátor) fejlesztett ki fotodinamikus terápia (PDT) céljára. E modern gyógyítási módszer során fényenergiával aktivált gyógyszer öli meg a rákos sejteket. Amy eredményét első díjjal és 75 000 dollárral ismerték el.

fényforrások és a lézertechnika száloptikával való kombinálása területén bekövetkezett rohamos fejlődés lehetővé tették, hogy az elmúlt évtizedekben jelentősen megnőjön a PDT kutatás és alkalmazás iránti érdeklődés.

A fotodinamikus terápia tumorok gyógyászatában alkalmazott változatát az alábbi rajz szemlélteti.

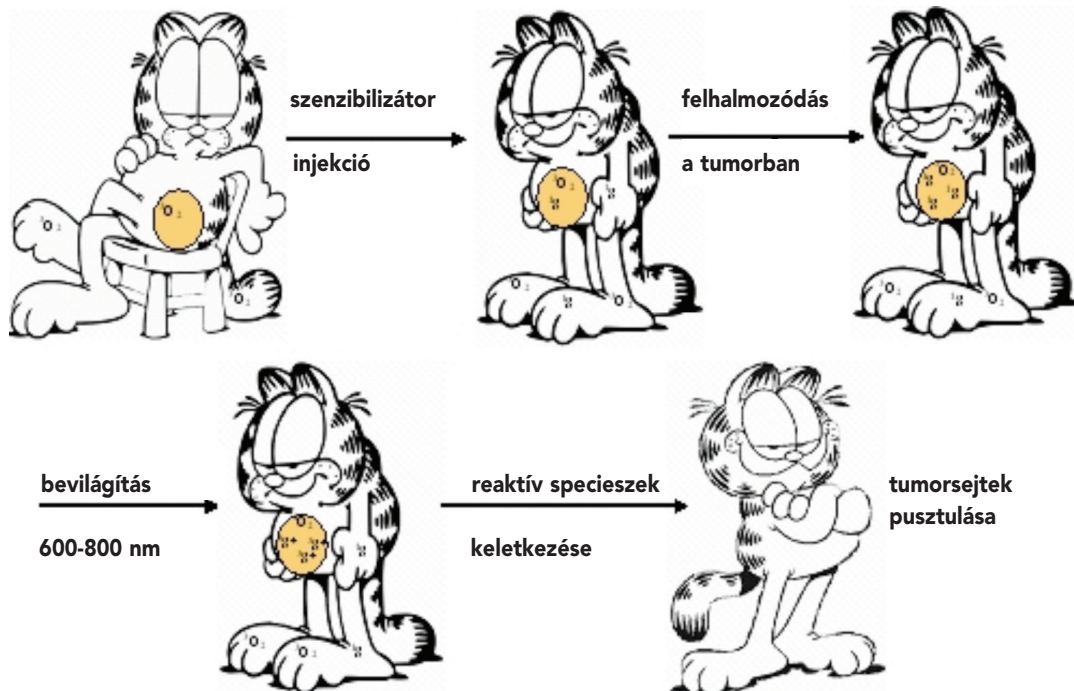
Az első lépés a szenzibilizátor bejuttatása a szervezetbe. Ez történhet intravénás injekció segítségével, de szájon át vagy helyi alkalmazással is elérhető. Ezután megfelelő ideig várni kell, amíg az élettani folyamatok következtében a rákos sejtekben, illetve a környező ép szövetekben jelenlévő

A címben szereplő alvó ügynök azon titkos ügynökök szokásos megnevezése, akik egy ideig az ellenség közelében rejtőzködő életmódot folytatnak, hogy aztán egy adott jelre végrehajtsák az előre megbeszélte parancsot. A fotodinamikus terápiában az alvó ügynök a fotoszenzibilizátor. Képes az élő szervezetben felhalmozódni, de csak akkor lép működésbe, ha fénybesugárással erre parancsot kap.

A PDT főleg daganatos sejtek elpusztítására kifejlesztett kezelés: az élő szervezetben többé-kevésbé szelektíven felhalmozódó fotoszenzibilizátor az élő szöveten áthatoló fény és a jelenlévő oxigén hatására olyan biokémiai folyamatokat indít el, ami a rákos sejtek pusztulásához vezet.

Már az ókori Egyiptomban alkalmazták a fény gyógyító hatását egyes bőrbetegségekre, de csak a XX. század elején kezdték tudatosan tanulmányozni színes anyagok különböző reakcióit megvilágítás után. Észrevették, hogy bizonyos festékektől (pl. akridin, eozin) a baktériumtenyésztések akkor pusztultak el, ha jelentős intenzitású fény érte a tenyésztő edényt. Egyidejűleg az is ismertté vált, hogy a vérben nagy mennyiségben jelen lévő hematóporfirin is képes ilyen hatás kifejtésére. Mégis a hatvanas éve-

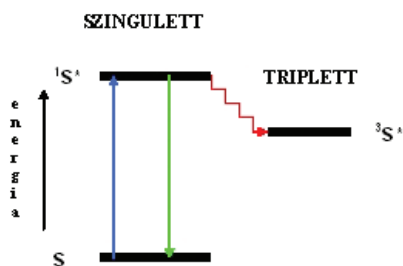
kig kellett várni arra a felismerésre, hogy a hematóporfirin nagyobb mértékben halmozódik fel a rákos sejtekben, mint az egészségesekben. Ez, valamint a koherens optikai



A fotodinamikus terápia. Az ábrán a tumort egy sárga körrel ábrázoltuk. A kezelés előtt a szervezetben és a daganatban az alapállapotú oxigén ($^3\text{O}_2$) eloszlása egyenletes. A beadott szenzibilizátor relatíve feldúsul a tumorban. A daganat helyi bevilágítása következtében a beteg szövetben a szenzibilizátor gerjesztett triplétt állapotba kerül ($^3\text{S}^*$) és toxikus reaktív származékokat (pl. szingulett oxigén, $^1\text{O}_2$) hoz létre, amelyek az érintett sejteket elpusztítják.

fotoszenzibilizátor aránya megfelelő lesz (ez néhány órától akár 1 napig is eltarthat), és ekkor kell az alkalmazott fotoszenzibilizátor elnyelési spektrumának megfelelő hullámhosszúságú látható fényvel besugározni a kezelni kívánt területet. Ennek eredményeképpen keletkeznek a reaktív részecskék, amelyek sejtkárosító hatása révén részben apoptózis (aktív sejtelhalás, a programozott sejthalál egyik változata), vagy részben nekrosis (sejt vagy szövet elhalása az élő szervezetben) következik be. Ezt követően az elpusztult terület esztétikai szempontból nagyon szépen, meglepő módon hegese-
dés nélkül gyógyul.

A szenzibilizátor fotokémiai hatásmechanizmusát az alábbi ábra mutatja be, melyen a változások az energia szerint függőlegesen, a spin-multiplicitás szerint vízszintesen vannak csoportosítva.

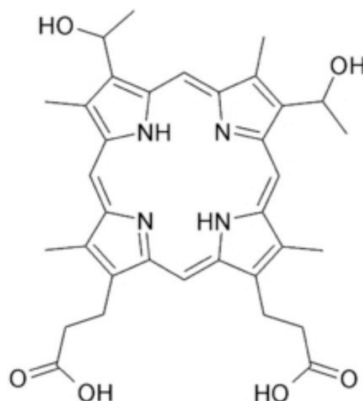


A szenzibilizátor állapotváltozásának energia-diagrammja

Besugárzásra az S fotoszenzibilizátor a szingulett alapállapotból (S) magasabb energiájú gerjesztett szingulett állapotba ($^1S^*$) kerül, ahol a csillag a gerjesztett állapotot jelöli. Ilyenkor az összes elektron párosított állapotú. Egyes gerjesztett részecskék az alapállapotba történő visszatérés során a többlet energia rovására fluoreszcenciát hoznak létre. Más gerjesztett részecskék a sugárzásmentes spinváltó átmenet útján alacsonyabb energiaszintű tripletté ($^3S^*$) alakulnak. Ekkor van bennük két párosítatlan spinű elektron. A triplett állapotú részecskék élettartama már vizes közegben is rövid, biológiai közegben még tovább csökken, ezért csak ott fejthetik ki hatásukat, ahol a fotoszenzibilizátor a sejten belül felhalmozódott. A

A rák kezelése bonyolult feladat, és ahány eset, annyi megoldásra van szükség. A PDT nem oldja meg a rákgyógyítás univerzális problémáját, de hozzájárul egyes esetek sikeres

szenzibilizátorok többsége porfirin-vázás vegyület. A hematoporfirin szerkezete az ábrán látható.



Hematoporfirin {7,12-bis(1-hidroxietyl)-3,8,13,17-tetrametil-21H,23H-porfirin-2,18-dipropánsav}

De van lehetőség a fotoszenzibilizátor in situ előállítására is a hem-ciklus felhasználásával. Ebben az esetben a szervezetbe jutott 5-aminolevulénsav (5-ALA) hatására a kórosan felfokozott anyagcserével rendelkező rákos sejtek többlet protoporfirint termelnek.

A gyógyászatban fotoszenzibilizátorként alkalmazható anyagokkal szemben többféle fotofizikai-fotokémiai követelményt támasztanak.

1. A lágy szövetek fényáteresztése a 600 és 900 nm (narancs-vörös fény) között a legnagyobb, ezért a hatóanyagának jelentős abszorpciót kell mutatnia ebben a tartományban.
2. Nagy hatásfokkal kell triplettet képeznie.
3. A triplett állapot energiája meg kell haladja a szingulett oxigén gerjesztési energiáját.

4. A triplett állapot élettartama elég hosszú legyen, hogy az alkalmazott erős fénysugár hatására ne bomoljon gyorsan.

Ezekhez társulnak a biológiai követelmények. A vegyület szelektivitása egy régen vágyott, de nehezen megvalósítható követelmény. Egyébként a kemo-
terápia már régen megoldotta volna a rák kezelését. Sajnos, egyik vegyület sem igazán szelektív és a

fotoszenzibilizátorok is csak részben azok. A PDT módszer egy másik szelektivitási faktort is alkalmaz, a lokális bevilágítást. Vagyis kellő szelektivitással el kell tudni juttatni a molekulákat a kívánt célterületre, amit az alkalmazott fotoszenzibilizátorok és az adott szövet biokémiai sajátosságai (pl. receptor-kötődés) és kémiai-fizikai tulajdonságai (lipofilitás, pH-függő sajátosságok) határoznak meg. Amikor a tumorban felhalmozódott fotoszenzibilizátort bevilágítjuk, csak a tumorba bejutott, vagy ott keletkező fényérzékeny vegyületeket aktiváljuk, és ezzel érjük el a kezelés szelektivitását. A környező (feltehetően egészséges) szövetekben lévő szenzibilizátor molekulák aktiválás hiányában idővel lebomlanak és kiürülnek. A kezelés mellékhatása ezért minimális.

Összevetve a PDT-t a kemo- vagy sugárterápiával, elmondhatjuk, hogy a PDT nem használ az egész szervezetre toxikus vegyületeket, sem sejtkárosító sugárforrásokat. A módszer lényege, hogy a fotoszenzibilizátor csak katalizátorként működik és nem klaszikus értelemben vett gyógyszer. A fény által gerjesztett többletenergiát átadja a szervezetben található molekuláknak, főként a molekuláris oxigénnek, mivel élő sejtekben az oxigén szokásos koncentrációja 10^{-5} M, vagyis elég nagy. A gerjesztett állapotú triplett szenzibilizátor ($^3S^*$) hatására ezért helyileg óriási mennyiségű reaktív oxigén-speciesz (ROS) keletkezik, mint például a szingulett oxigén (1O_2) vagy a szuperoxid gyök-anion ($O_2^{\cdot -}$), ami végzetes lehet bármilyen bevilágított sejtre. A PDT-ben a rákos sejtekre, mert csupán a tumort sugározzuk be.

A Szent István Egyetem Állatorvosi Kara és az MTA Kémiai Kutatóközpont együttesen folytatott klinikai gyakorlatából egy kórtörté-

FOTODINAMIKUS TERÁPIA

1. KEZELÉS ELŐTT



RÖVIDDEL A MÁSODIK PDT UTÁN



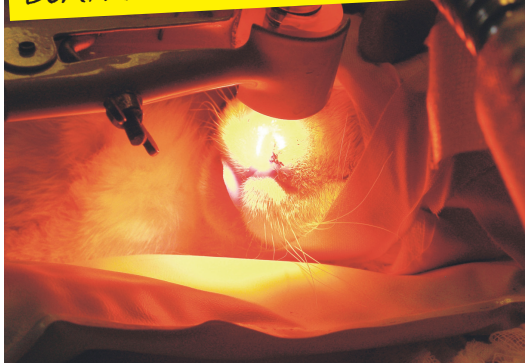
TÖBB HÉTTEL A MÁSODIK PDT UTÁN



netet mutatunk be. Páciensünk egy fehér rövidszőrű házimacska volt, melynek orrát eltorzította egy agresszív laphámsejtes karcinóma.

Fehér macskáknál a pigmentáltság hiánya miatt gyakrabban fordul elő hasonló elváltozás a szőrrel nem, vagy csak gyéren borított testfelületeken. Ennek a macskának először a fülén jelent meg a betegség, amelynek kezelését az állat háziorvosa egy műtéti beavatkozással oldotta meg. Ezért a macskának hiányzik mindkét fülcimpája. A karcinóma azonban kiújult az orron, s ennek műtéti eltávolítása már sok-

2. PDT KEZELÉS 5-ALA BEADÁSA UTÁN 3 ÓRÁVAL



kal kockázatosabb és csúnyább eredménnyel járt volna. Az állat ekkor PDT-kezelést kapott: egy 60 mg/testsúly kg dóziszú 5-ALA intravénás beadása után a macska szervezetében egy erős fotoszenzibilizátor, IX protoporfirin alakul ki, és kb. 3 óra alatt éri el a tumor / egészséges szövet közötti ideális arányt. Ezek után a tumor bevilágításra került. A protoporfirin IX elnyelési csúcsa 630 nm-en van, ezért narancs színű fényt alkalmaztunk (250 W-os halogén lámpa). A kezelést 2 hét után megismételtük.

A 2. számú képen az oldalán fekvő macska orrtumorának bevilágítása látható. Az állat szeme le van fedve, nehogy a beszűrődő fény kárt okozzon a szem retinájában. A második PDT után néhány hét elteltével szépen látszik a seb gyógyulása, de a szőr újránövekedése még nem indult be. Egy-két hét elteltével a szőr is pelyhedzeni kezdett.

A rák kezelése bonyolult feladat, és ahány eset, annyi megoldásra van szükség. A PDT nem oldja meg a rákgógyítás univerzális problémáját, de hozzájárul egyes esetek sike-

res kezeléséhez. A házi kedvenceink pozitív kimenetelű terápiája segíthet abban, hogy megváltozzon az emberekben a rákos megbetegedésről mint végzetserű és gyógyíthatatlan betegségről alkotott kép. Az állatok közül sem mindegyik menekül ugyan meg -- de sokan igen! **Jakus Judit, Németh András**



További olvasmányok:

1. <http://www.societyforscience.org/page.aspx?pid=270>
2. Gál D: BBRC, 202 (1994) 10-16.
Jakus J, Farkas O: Photochem Photobiol Sci, 4 (2005) 694-698.
3. Németh A, Mamasheva Z, Jemnitz K, Vidóczy T, Jakus J: J Porphyr Phthalocyan, 9 (2005) 531-536.
4. Kubinyi M, Vidóczy T.: Magyar Kémiai Folyóirat, 113 (2007) 44-48.
5. Szabó, B., Molnár, P., Vajdovich, P., Szécsényi, D., Jakus, J.: Vet Med 65 (2008) 401-405.



**Negishi a Nobel-
oklevéllel**

is tartalmazó reakció-partnerrel alkalmazhatók. Ezért tekinthető nagy előrelépésnek, hogy Negishinek és munkatársainak az 1970-es évek közepén sikerült jóval toleránsabb fémorganikus reagenseket (cirkónium, alumínium, illetve cink tartalmúakat) palládium katalizálta kapcsolási reakciókba

Suzuki és a gyakorlati alkalmazás



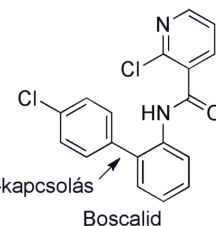
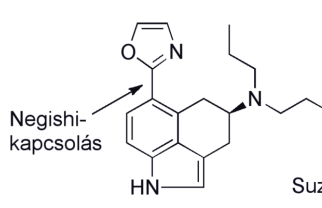
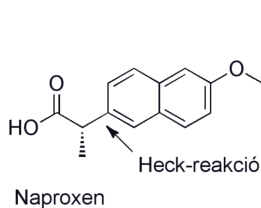
Suzuki a Nobel-díjjal

vegyületektől eltérően oxigénre és nedvességre nem érzékenyek, valamint nem toxikusak. Előnyös tulajdonságaik lehetővé tették ipari alkalmazásukat, ezen belül a komplex molekulákat előállító, de a reagensek toxicitására nagyon érzékeny gyógyszeriparban is.

A keresztkapcsolási reakciók gyakorlati alkalmazása

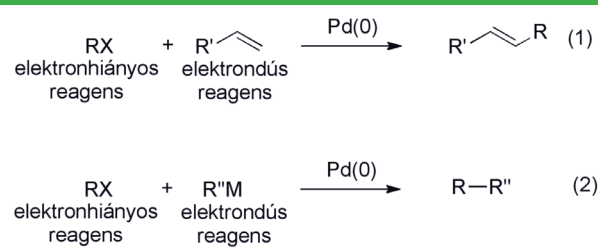
Az itt felsorolt reakciók nemcsak a molekulák titkait fürkésző vegyészek számára fontosak, hanem a mindennapi életünkhöz kapcsolódó vegyipari termékek előállításában is szerepet kapnak. Segítségükkel a korábban megvalósíthatatlanul bonyolult természetes szénvegyületek előállítása is lehetségessé válik, amelyek fontos hozzájá-

rával a Heck-reakció



Palládium-katalizált keresztkapcsolási reakciók

A palládium-katalizált keresztkapcsolási reakciókban a fématom szervezi maga köré a két reagáló molekulát és alakít ki velük fém-szén kötést. Az ily módon a palládiumhoz kötött szénatomok egymáshoz



is közel kerülnek. A következő lépésben ezen szénatomok összekapcsolódnak miközben új molekula jön létre, kialakul az új szén-szén egyes kötés. E reakciók közül kettőt mutatnak be a következő egyenletek: (1) a Heck-típusú reakciót, illetve (2) a Suzuki és Negishi reakcióhoz kapcsolódót. Az egyenletekben az R, R' és R'' alkil, illetve aril részleteket; az X halogéneket; az M a periódusos rendszerben kék színnel jelölt elemeket jelöli.

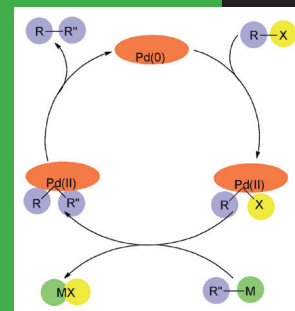
rást nyújtanak a gyógyszer- és agrokémiai fejlesztésekhez.

Azonban nemcsak a leendő hatóanyagok fejlesztésében nyújtanak segítséget, hanem a már alkalmazott készítmények előállításában is fontos szerepük van. Így a Heck reakciót egy nemszteroid gyulladásgátló, láz-, és fájdalomcsillapító hatóanyag, a Naproxen egyik szintetikus lépésében alkalmazzák. A Negishi kapcsolat szerepel egy szorongásgátló anti-epileptikum, míg a Suzuki reakció a Boscalid nevű gombaellenes szer szintézise során.

A 2010. évben Nobel-díjjal kitüntetett három kémikus kutatásai megalapozták a palládium-katalizálta reakciók alkalmazását. Ezen eredmények lehetővé tették olyan vegyületek előállítását, amelyek korábban elképzelhetetlenek voltak. Ám ez a díj nemcsak ennek a három kutatónak szól, hiszen mint láttuk, e kutatási területen számtalan kutató dolgozott és munkájuk napjainkban is elősegíti e reakciók megismerését, fejlesztését és széleskörű alkalmazását.

Varga Szilárd

A reakciókat mindkét esetben nulla oxidációs számú palládium katalizálja, ami töltéssel nem rendelkezik. A katalitikus folyamatokat körfolyamatokként szokták ábrázolni, ez esetben a palládium katalizátor köré szerveződött folyamatot mutatjuk be a következő ábrán a (2) típusú reakciók esetén.



✳ Ajánlott irodalom:

1. Jan-E. Bäckvall: *Palladium-Catalyzed Cross-couplings in Organic Synthesis*, <http://nobelprize.org>
2. Timári Géza: *Keresztkapcsolási reakciók gyógyszerkémiai alkalmazásai*, *Magyar Kémiai Folyóirat*, 2005 (111), 177-184.
3. Faigl F. Kollár L, Kotschy A. Szepes L. *Szerves fémvegyületek kémiája*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 2001.

KRIMI és KÉMIA

A XX. század a mozi és a televízió térhódításának időszaka volt. Különösen népszerűek a krimik. Ma már mindenki tudja, hogy egy nyomozó egymaga vajmi keveset ér a törvényszéki helyszínelők, igazságügyi orvosszakértők és más szakemberek segítségével, s ezért neki sem árt minél több természettudományos ismeretre szert tenni.

A bűnügyek, az amatőr és hivatásos nyomozók munkájának megismerése, a bűntettek felderítése több, mint másfél évszázada, Edgar Allan Poe óta ösztönzi olvasásra az embereket, köztük a fiatalabbakat, a középiskolás korosztályt is. Akár Arthur Conan Doyle különc, de zseniális Sherlock Holmes figuráját, akár Agatha Christie történeteit nézzük, az újabb és újabb könyvkiadások, a filmes adaptációk népszerűsége azt mutatja, hogy a krimik csillaga ma is fényesen ragyog.

A szórakoztató műsorok új lehetőségei



ket teremtenek az oktatás területén. Az iskolai kísérlet izgalmas nyomozással változtatható, ha egy elem tulajdonságainak ismertetésénél behozunk egy – a tananyaghoz kapcsolódó – bűnügyi történetet.

Lássunk néhány híres példát!

AGATHA CHRISTIE MÉRGEI

A krimi koronázatlan királynője 1890-ben született az angliai Torquayben, a félig amerikai, félig angol Miller család harmadik gyermekeként. Szeretett édesapja korai elvesztése miatt a család anyagi gondokkal küzdött, de az édesanya igyekezett megfelelő neveltetést biztosítani számára. Vonzó és intelligens nő lévén Agatha sok házassági ajánlatot kapott, végül Archibald Christie kapitánynak mondott igent. Alig pár nappal

az esküvő után az ifjú férjet az I. világháború frontjára hívták, és Agatha önkéntes ápolónőként kezdett dolgozni a helyi kórházban, ahol a gyógyszerészeti laboratóriumban kapott munkát. Itt ismerkedett meg az írásaiban gyakran felbukkanó mérgek többségével, és már ötleteket is merített legalább egy gyilkossági ügyhöz. Ekkoriban írta meg első regényét, A titokzatos styles-i esetet, amelyet csak nagy nehézségek árán és csekély honorárium fejében sikerült kiadatnia 1920-ban. Ennek ellenére folytatta az írást, és egy másik kiadással szerződött le. 1926 szomorú év volt a magánéletében – bár ekkoriban lett igazán népszerű máig talán legkedveltebb regényével, Az Ackroyd-gyilkossággal. A férjétől való elhidegülés, édesanyja elvesztése, különös és szenzációt keltő kalandba sodorta az írónőt. Mikor férje bejelentette, hogy elválik, Agatha összezsomagolt, elhajtott, és eltűnt a világ szeme elől. A közvéleményt erősen felkavaró eset végül úgy oldódott meg, hogy valaki felismerte egy szállodában, ahová nem a saját nevében jelentkezett be, és úgy tűnt, nem emlékszik semmire. Hogy mi történt pontosan, arról megoszlanak a vélemények. Feltehetően valóban amnéziában szenvedett, de szárnyra kaptak olyan feltételezések is, mintha Agatha megrendezte volna eltűnését, hogy megleckéztesse a hűtlen férjet. 1928-ban ellátogatott a Közél-Keletre, ahol egy ásatáson megismerkedett a nála tizenhárom



évvél fiatalabb Max Mallowan régész asszisztenssel, akivel hamarosan összeházasodtak. Utazásaik és férje foglalkozása, akivel együtt dolgozott az ásatásokon, jó pár további művéhez adott ötleteket. Műveiben gyakran szerepel méreggel elkövetett gyilkossági kísérlet, túladagolt gyógyszer, kábítószer és egyéb, a kémia tárgykörébe tartozó momentum. Írásai közül mintegy harminc regényben és hús novellában fordul elő, hogy valakit megmérgeznek, sőt egy-egy műben többféle mérgezésről is olvashatunk, s így ez az általa leggyakrabban „használt” gyilkossági módszernek mondható.

Ha egy krimiben mérgezéses esettel találkozunk, első gondolatunk talán az, hogy arzénal követtek el. Agatha Christie történeteiben valóban többször felbukkan, belekerülhet a teába, kávéba. Így történt A kristálytűkőr meghasadt című regény egyik mérgezéses esete is:

– A kávé vegyelemzése. A kávéé, amire Marina panaszkodott. Amit nem volt hajlandó meginni. (...)

– Igen, arzén.

– Szóval Marinának igaza volt, hogy keserű?

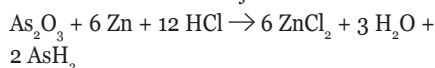
– Nem, abban nem volt igaza. Az arzénnek nincs íze. De az ösztöne nem csalt.

(Agatha Christie, A kristálytűkőr meghasadt. Debrecen : Aquila, 2006.)

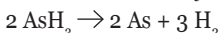
Az arzénnek, pontosabban arzén-trioxidnak tehát nincs íze. Ezen kívül szagtalan is, a fehér kristályok jól oldódnak, így ételbe-italba keverve észrevétlen marad, tünetei pedig nagyon hasonlítanak a közepkorban igen gyakori koleraéhoz, ezért „népszerű” méreg volt évszázadokon át, sokáig nem is tudták kimutatni. Ez azonban Marsh óta nem jelent problémát egy vegyész számára. 1836-ban James Marsh angol vegyész Scheele ötletét továbbfejlesztve kidolgozott egy eljárást, amellyel nagy pontossággal kimutatató, hogy van-e arzén a mintában. Az arzén-trioxidot savban feloldotta, cinket adott hozzá, ekkor fokhagymaszagú gáz képződött. Scheele a XVIII. század végén ezt a gázt már bizonyítékként mutatta be a bíróságnak, amely akkor nem fogadta el. Marsh

ezért tovább kutatott: a fejlődő gázt egy üvegsőbe vezette, amely alá lángot tett. A cső vége elé porcelántálcát tett, az erre kivált féműtkör a fém arzén.

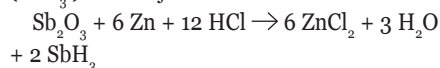
A következő reakciók játszódhatnak le:



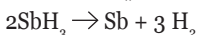
A képződött arzén-hidrogén termikus bomlásakor arzén képződik, hűtéskor lecsapódik és „arzentűkőr” jön létre:



Később kiderült, hogy bár a Marsh-próba igen érzékeny, nem jellemző módszer, ugyanis az antimont – amely a periódusos rendszerben közvetlenül az arzén alatt található – a fémcink részben antimon-hidridde (SbH₃) redukálja:



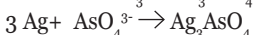
Bár fő tömegében koromfekete fémantimon képződik. A kevés antimon-hidrid hőbomlásakor „antimontűkőr” keletkezik:



Bepillantást engedhetünk a kimutatási módszerek fejlődésébe, ezzel a kémia analitikai ágára hívhatjuk fel a diákok figyelmét.



Segíti a megkülönböztetést az, hogy az arzentűkört feloldva a keletkezett arzénsav ezüst-ionokkal sárga csapadékot (ezüst-arzenát) képez, és ezt a reakciót az antimon nem adja.



A vád tanúja kötetben található a Baleset című novella. Egy nyugalomba vonult rendőr kezd nem hivatalos nyomozásba új szomszédságával kapcsolatban, gyanúja szerint a szépasszony előző férjeit méreggel tette el láb alól. Az új férj vegyész, akiről így beszél a gyanakvó nyomozó az őt megnyugtatóni kívánó barátjának:

– (...) ez a Merrowdene... tegnap este a laboratóriumában... mindenféle kísér-

leteket végzett... emlékszik...

– Igen. Szóba hozta a Marsh-féle arzénpróbát is. Azt mondta, maga mindent tud róla... elvégre a szakmájába vág... és nevetett. Nem mondott volna ilyesmit, ha egy pillanatil is azt képzelem...

– (...) a Marsh-féle próba után felhevített valami anyagot egy kémcsőben, a fémüledéket vízben oldotta, majd ezüst-nitrát hozzáadásával kicsapatta.

(Agatha Christie, S.O.S. A vád tanúja. Budapest : Európa Könyvkiadó, 2008.)

Merrowdene jó vegyészként tehát ismeri az arzén kimutatására használt Marsh-próbát, sőt meg is tudja különböztetni az antimontól, erre utal az ezüst-nitrát reagens használata.

A Paddington 16.50 című regényben szintén a jól bevált arzénal próbálkozik a gyilkos.

– Arzén? – kérdezte izgatottan Bacon felügyelő. – Arzén?

– Igen. A curryben volt. (...)

– És mindenki rosszul lett, ugye, kivéve Miss Eyelesbarrow-t. (...)

– Ha Miss Eyelesbarrow a családot arzénal akarná megetetni, arra bizonyára oka volna. Ezen felül rendkívül értelmes nő lévén, óvakodna attól, hogy ő legyen az egyetlen, akire nincs hatással. Azt tenné, mint bármely intelligens mérgekeverő, hogy egy keveset enne ő is a mérgezett curryből, és azután eltűznének a tünetek.

– És azt nem lehetne megállapítani?

– Mármost hogy kevesebbet vitt magához, mint a többiek? Nem valószínű. Nem minden szervezet reagál egyformán a mérgekre, ugyanaz a mennyiség egyesekre jobban hat, mint másokra. (...) Véleményem szerint senki sem kapott a méregből halálos adagot.

– Elvétette a mérgekeverő, úgy gondolja?

– Nem. Inkább azt hiszem, csak annyit mérget rakott a currybe, hogy az ételmérgezés látszatát keltse, amiért, gondolta, valószínűleg a gombát okolják majd. Az embereknek az a rögeszméjük, hogy a gomba mérgező hatású. Azután

pedig az egyik személy állapota rosszabbra fordulhat, és meghalhat.

– Mert újabb adagot kapott?

Az orvos bólintott.

(Agatha Christie, Paddington 16.50.

Budapest : Európa Könyvkiadó, 2000.)

Ahogy a fenti esetekből láttuk, nem elég csupán azt megállapítani, hogy jelen van-e valamilyen anyag egy ételben, italban vagy az áldozat szervezetében, a mennyiségtől függ, hogy a mérgezett egyén felépül-e vagy sem. Sőt, sok esetben még ez sem jelent biztosat.

Az arzént a nitrogéncsoport elemei között találjuk. Az elemi állapotban szürke, fémes fényű, törekeny félfém vegyületei főleg az emésztőrendszert, a csontvelőt és az idegrendszert károsítják. Igen kis mennyiségben (0,05 mg/kg) a szervezetünkben természetes módon is megtalálható. A mennyiség szokottással növelhető: aki hozzászokott, napi 0,5 g arzént is elfogyaszthat egészségkárosodás nélkül.

Feltételezések szerint A harmadik lány című regény egyik szereplője is rendszeresen arzént fogyasztott – ámbar ő tudta és akaratára ellenére.

– A minták alapján bizonyossá vált, hogy Mary ételbe belekeverték valamit.

– Beszéljünk nyíltan! Úgy érti, arzénnel mérgezték a feleségét?

– Igen. Egészen kis adagokban, ami végül kumulatív hatást eredményezett volna.

(Agatha Christie, Harmadik lány.

Budapest : Hunga-Print Nyomda és Kiadó, 1989.)

A szervezetbe jutó arzén gyomorpanaszokat, nyelcsőfájdalmat, hányást és véres hasmenést okoz. A halált végül szívelégtelenség, a csontvelő helytelen működése vagy fertőzés okozhatja. Mérgezést egyetlen nagy dózis is okozhat a szervezetben, ilyenkor a halál egy napon belül bekövetkezhet. A mérgezett hajában, körmében és vizeletében az arzén-nyomok kimutathatók.

HERCULE POIROT

A titokzatos Négyes című regényben arzénmérgezéshez hasonló tüneteket produkál egy beteg, aki hamarosan meghal. A belga detektív közreműködésével rövidesen kiderül az igazság.

– A rohamok egyre rosszabbodtak. Dr. Trevers azt mondta, hogy ez mind természetes és előre látható, és hogy lehet, hogy Mr. Templeton nem fog sokáig élni,

de én magam sose láttam ehhez foghatót korábban, bár hosszú ápolói tapasztalat áll mögöttem. Sokkal inkább úgy tűnik, mint valamifajta...

Elhallgatott.

– Arzénos mérgezés? – kérdezte Poirot segítőként.

A nővér bólintott.

– Nincs benne arzén – mondta Poirot. –, de van benne antimon.

(Agatha Christie, A titokzatos Négyes.

Budapest : Hungalibri Kiadó, 1997.)

Az antimon kimutatási módjáról korábban már beszéltünk. Nem véletlen, hogy kémiai tulajdonságai az arzénhoz hasonlóak, ugyanis az antimon is a nitrogéncsoport elemei közé tartozik, pontosan az arzén alatt találjuk. Előfordulnak nemfémes és félfémes tulajdonságú allotróp módosulatai is.

Mérgekkel elkötetett gyilkosságokkal a történelemben is gyakorta találkozhatunk, nemcsak a detektívregényekben. A XV-XVII. századi Franciaország és Olaszország tele volt mérgekeverőkkel és mérgekkel végrehajtott politikai gyilkosságokkal. Feltehetően a hírhedt Borgia család környezetében előforduló titokzatos halálesetekben is arzén-trioxid játszott főszerepet csakúgy, mint La Toffana asszony „csodaszerében”, amelynek segítségével sokan szabadultak meg „megunt” hitvesüktől. Ezt az időszakot találóan arzén-korszaknak nevezik, noha az arzén csak egyike volt az akkor használt szereknek.

SZENT ILONA SZIGETÉNEK TITKA

Napoleon Bonaparte halálával kapcsolatban már röviddel az esemény bekövetkezése után felmerült az idegenkezűség gyanúja. A császárt a waterlooi csata után ellenfelei elővigyázatosságból az Atlanti-óceán szigetére, Szent Ilonára száműzték, ahová 1815-ben érkezett meg. Korábbi betegségei mellé 1817-től májbántalmak is társultak, ami nem meglepő, mert anyai ágon is előfordultak a családjában májproblémák. A sziget nedves éghajlata, a rossz minőségű ivóvíz, a maláriát és vérhast terjesztő szúnyogok, de maga az egykori császár életmódja is egyre inkább legyöngítették egészségét. Végül 1821-ben



Hercule Poirot

Vajon a Napóleon képein látható jellegzetes kéztartás gyomorpanaszokra utal?



küldtek hozzá egy angol orvost, aki félrediagnosztizálta, Bonaparte panaszait hipocondriának tartotta, ám betege rövidesen elhunyt. A manapság elfogadott vélemény szerint Napóleon halálát nem mérgezés, hanem betegség okozta. A természetes halálra voksolók szerint gyomorrák végzett a diktátorral, mert a boncolási jegyzőkönyv szerint a gyomor elüszkösödött és kilyukadt. Felmenői között apai ágon is előfordultak gyomorbántalmak. A mérgezés hívei úgy gondolják, hogy az angolok az Elba szigetéről való visszatérése óta szisztematikusan mérgezték arzénal. Ez utóbbi vélemény mellett szól, hogy az egykori uralkodó gyakorta küzdött alvászavarokkal, illetve a halála után lemetsett és néhány korábbi hajmintáiban jelentős mennyiségű arzént találtak. Bár a haj arzéntartalma többszöröse a normálisnak, ez mégsem utal egyértelműen mérgezésre. Egyes feltételezések szerint arzéntartalmú gyógyszereket használt – melyek valóban elterjedtek voltak akkoriban -, de napvilágot láttak olyan vélemények is, hogy a szobája falikárpitjának arzéntartalmú festékanyagai révén került arzén Napóleon szervezetébe.

Thomas Hindmarsh doktor, az Ottawai Egyetem munkatársa szerint a kételkedő, brit orvos okozta a tragédiát azzal, hogy túladagolta a has-hajtóként alkalmazott kalomelt – azaz higany(I)-kloridot.

A legutóbbi hivatalos állásfoglalás 2008-ban kelt, az Olasz Nemzeti Magfizikai Intézet munkatársai a neutronaktivációs módszer segítségével megállapították, hogy a halált nem mérgezés okozta. Az aktivációs elemzés lényege, hogy a mintát atomreaktor vagy más sugárforrás segítségével radioaktívvá teszik, az így sugárzóvá tett elemek atomjai rájuk jellemző fajtájú és energiájú sugárzás bocsátanak ki és ennek alapján felismerhetőek. A módszernek több előnye van: nem semmisül meg a bizonyíték a vizsgálat során és igen kis mennyiségű minta elegendő a vizsgálathoz.

A kutatók Napóleon fiának több, különböző életkorából származó hajmintáját és nejének, Jozefína császárnénak egy hajtincset vizsgálták összehasonlítva néhány ma élő ember hajával, és meglepő felfedezéseket tettek. Kiderült, hogy a mintegy kétszáz évvel korábban élt emberek hajában az arzénkoncentráció többszöröse – 100-szoros! – a mainak, így a császár hajában kimutatott 10 ppm-es arzénkoncentráció abban a korban átlagosnak számít.

KRIMIK A KATEDRÁN

A mérgezéssel elkövetett gyilkosságok és gyilkossági kísérletek példája – akár detektív-történetekből vesszük őket, akár történelmi események – több szempontból is említésre méltónak bizonyulhatnak a kémiaórákon. Egyrészt felkelti a diákok érdeklődését a tantárgy iránt, másrészt jól példázza azt a tényt, hogy – bármilyen „szépek” a kísérletekhez használt vegyszerek – gyakran kerül-

nek a kezünkbe mérgező anyagok, amelyek gondatlan használata súlyos egészségkárosodást, akár halált is okozhat. A fenti eseteket olvasva könnyen belátható, miért fontos az anyagok kimutatása, és bepillantást engedhetünk a kimutatási módszerek fejlődésébe, ezzel a kémia analitikai ágára hívhatjuk fel a diákok figyelmét. Ha élettani hatásról beszélünk, a biológia tárgykörébe evezünk, míg a kimutatási módok gyakorta fizikai módszereken alapulnak, így a kémia más természettudományokkal való kapcsolatát mutathatjuk meg. A mindennapi élet jelenségei és a természettudományok különösen komplex logikai gondolkozást igényelnek, az okok-okozatok megértését, illetve annak felismerését, miből mi következik, és mi nem. Például – ahogy Napóleonról láttuk – egy mérgező anyag jelenléte nem jelent automatikusan szándékolt (vagy akár szándékoltalan) mérgezést. Ezt a kompetenciát is erősíthetjük a megfelelő történetekhez kapcsolódó, gondolkodtató kérdésekkel és válaszainkkal.

Vegyük hát elő bátran a bűnügyi történeteket az iskolában! Érdemes!

Kosárkó Tímea
Matematika-kémia szakos
középszakos tanár

* A cikkhez kapcsolódó irodalmak:

1. Bujtás, Piroska és Dr. Leisztner, László. *Az anyag vallomása bűnügyben. Budapest : Műszaki Könyvkiadó, 1985.*
2. Dr. Stájer, Géza. *Méregkeverők. Patika Magazin Online. [Online] Hivatkozva: 2010. április 20. <http://patikamagazin.hu/index.php?cikk=5886>*
3. *Újabb vita Napóleon haláláról. Journal of the History of Medicine. [Online] Hivatkozva: 2010. április 14. <http://www.sulinet.hu/eletstudomany/archiv/1998/9839/tudvil/ujabb/ujabb.html>*
4. *Nuclear, Eye' Reveals That Napoleon Was Not Poisoned, Although Arsenic Levels High At That Time. Science Daily. [Online] 2008. február 14. Hivatkozva: 2010. április 14. <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080211131357.htm>*

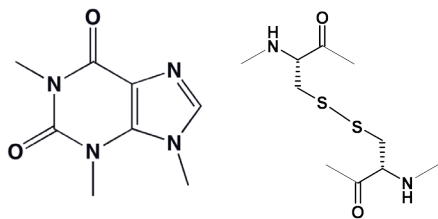
Módosított élelmiszerek

Ki ne hallott volna koffein-, alkohol-, glutén- vagy laktózmentes termékről, amit többnyire kényszerűségből fogyasztunk. Egyre növekszik a kereslet az olyan élelmiszerekre, melyekben valamelyik természetes összetevő mennyisége csökkentett.

Az élelmiszerek feldolgozása során különös követelményt jelent a nehezen mérhető, szubjektív feltételek teljesítése. Vásárlóként a természetes összetevőtől megfosztott ételtől vagy italtól elvárjuk, hogy íze, illata és állaga a lehető legjobban hasonlítson az eredeti termékre. Az eltarthatóságra, a tápértékre és a vitamintartalomra szintén ügyelni kell. A technológusok számára nem pusztán a kívánt komponens gazdaságos eltávolítása nehéz feladat, hanem az élelmiszer mint összetett biológiai minta különböző fizikai, kémiai tulajdonságú komponenseinek károsodás nélküli megőrzése is. Emellett azt is biztosítaniuk kell, hogy az eljárás során szennyezők ne juthassanak az élelmiszerbe. Néhány esetben erre már működő megoldást találtak.

Kérnék egy jó gyenge feketét!

A koffein a kávé alapvető összetevője, sokan élénkítő hatása miatt fogyasztják; ám a pótkávé kedvelői csak a kellemes ízt szeretnék élvezni ennek az italnak. A pótkávék egy



Koffein

Diszulfid híd (cisztin)



Etilalkohol



Ínyenség,
csokoládéval
bevont
kávészemek

része pírított magvakból (árpa, rozs, mandula, gyapot mag) vagy gyökerekből (cikória, gyermekláncfű, sárgarépa, cékla, burgonya héja) készül, de a koffeinmentesített babkávész az egyik legfontosabb termék ezen a piacon.

A koffeinmentesítésnek fontos lépése a kávébab áztatása, illetve vizes főzetének elkészítése. Ezt követően a koffeint egy porózus szűrőn kötik meg, vagy szerves oldószerekkel vonják ki. A kezdetben alkalmazott benzolos technológiát mára korszerűbb, diklórmetános, majd etilacetátos eljárás váltotta fel. Kísérleteztek a kávéból kivont olaj mint saját oldószer felhasználásával is. A folyamat során a legfontosabb, hogy megőrizzék az íz- és aromaanyagokat, lehetőleg alacsony hőmérsékletet és enyhe körülményeket alkalmazva. Ennek egyik bejáratott módszere a szuperkritikus szén-dioxidos extrakció (a szuperkritikus vízről ld. Kémiai Panoráma 3.szám). Közismert, hogy a gázok – ahogyan a szén-dioxid is – nyomásnövelés hatására cseppfolyósíthatók. A cseppfolyósítás során fázisátalakulás következik be, ekkor a gáz és a folyadék egyszerre van jelen

a rendszerben. Egy adott hőmérséklet, az ún. kritikus hőmérséklet fölött éles átmenet nélkül válik a gáz egyre folyadékszerűbbé. A szén-dioxid kritikus hőmérséklete 31 °C, ennél magasabb hőmérsékleten és nagy nyomáson ún. szuperkritikus állapotú. Az ilyen módon létrehozott különleges tulajdonságú szuperkritikus szén-dioxid kítő oldószer, melynek oldási tulajdonságai finoman hangolhatók a nyomás (vagy a hőmérséklet) változtatásával. A kioldási művelet befejeztével könnyen eltávolítható, mert nyomásesés hatására elillan az oldószer és nem hagy maga után káros szennyező nyomot.

Koffeinmentesítés után a kávészemeket a hagyományos módon pörköljük meg, és a feldolgozás az instant (rögtönoldódó) kávé készítése irányában folytatódik. A jól ismert granulátumot a főzött kávéhoz hasonló vizes oldatból nyerik szárítási technikával. Mindkét gyakran alkalmazott módszer esetén alacsony nyomással gyorsítják a párolgást: fagyasztva szárítás során a víz közvetlenül a jégből szublimál el, míg porlasztva szárítás közben egy szűkítéssel keresztül kisnyo-



mású tartályba permetezik az oldatot, ahol az oldószer azonnal elillan. A tealeveleket is a fent leírtakhoz hasonlóan koffeinmentesítik.

A mezőgazdaság szintén komoly szerepet vállal ebben az ágazatban a koffeinmentes kávéfajták nemesítésével, illetve a génmódosított – koffeinszintetáz enzimhiányos – növények termesztésével.

Nem száll a fejünkbe

Az emberiség évezredek óta képes szeszes italok előállítására, amelyekben az etilalkohol tartalom változatos. A középkort az alkoholtartalom növelésére irányuló desztillációs módszerek uralták (pl. pálinkafőzés), mely napjainkig meghatározó művelete maradt a szeszgyártásnak. Bár sokan

Kémiai és technológiai ismeretek alkalmazásával

elérhetővé tehetők az

élelmiszerek azok számára is,

akik azokat eredeti

formájukban nem

fogyaszthatnák.

vitatják az alkoholmentesített italok élvezeti értékét,

az üdítő céllal gyártott termékek mára már elterjedtek. Egyre újabb eljárások jelennek meg, amelyek hatásosan őrzik meg az italok eredeti ízvilágát.

A sör alkoholmentesítésére is alkalmazzák a desztillációs eljárásokat, leggyakrabban a vákuumdesztillációt, melynek során hevítés nélkül, a nyomás csökkentésével érik el a víznél illékonyabb alkohol elpárologtatását. Ez a módszer ugyan nem roncsolja a hőérékeny vegyületeket, de az alkohollal együtt távoznak a legillékonyabb aromaanyagok is. Ma gyakran alkalmazott egészen szelektív technológia az ún. reverz (fordított irányú) ozmózis.

Ennek lényege egy féligáteresztő hártya alkalmazása, amelyen a kis méretű, töltéssel nem rendelkező molekulák – amilyen a víz és az alkohol – juthatnak csak át, de a sör aromáját adó többi nagymolekulás összetevő nem. Ha két különböző összetételű oldatot féligáteresztő hártyával választunk el egymástól,

akkor a hártán áthatolni képes molekulák közt áramlás indul meg a koncentráció kiegyenlítődé irányába. Ez az irány megfordítható külső nyomás alkalmazásával. A reverz ozmózist alkalmazva lényegében átszűrjük a membránon a sört, majd az így nyert vizes oldatból az alkoholt hagyományos desztillációs eljárással távolítják el, és a maradékot egyesítik a szűrő túloldalán rekedt sűrítménnyel.

Az erjesztési és cefrézési technológia módosításával is előállíthatóak csökkentett alkoholtartalmú sörök (ld. a sörről szóló írástunkat ebben a számban). A cefrézés során a malátából kiáztatják a hasznos anyagokat és a benne lévő keményítőt enzimekkel cukorrá alakítják, melyből erjesztéssel képződik az alkohol. Ha a cefrézés során csökkentik a keletkező cukor mennyiségét – pl. az alapanyag minőségének változtatásával, vagy a keményítő lebontásának korai megszakításával –, akkor kevesebb alkohol keletkezik az erjesztés folyamán is.

Magasabb etanoltartalma miatt a bor alkoholmentesítése még nagyobb kihívás, bár az itt alkalmazott eljárások alapelvei hasonlóak a sörnél bemutatottakhoz. Ahogyan a cefre, úgy a must cukortartalma is csökkenthető, ha az félig érett szőlőszemekből készül, vagy ha a cukrot glükóoxidáz enzimmel lebontják, de a koncentráció módosítására az egyszerű vizes hígítást is használják. Emellett a cukortartalom erjedése visszafogható kis alkoholtűrűsű borélesztővel, de az erjedés le is állítható hirtelen hűtéssel, ekkor az élesztőt el kell távolítani pl. centrifugálással, hogy felmelegedve ne indulhasson be újra a folyamat. Az újbor a fent említetthez hasonló membrántechnikákkal és desztillációval etanolmentesíthető, emellett szintén sor kerülhet vízzel, illetve musttal történő hígításra. A pezsgő alkoholmentesítése is bor formájában történik. A pezsgő második erjesztéséhez 20g/l cukortartalmat állítanak be, amivel az ital 5 bár nyomású szén dioxidban dúsul és 0,5 %-os alkoholtartalmat hoz létre (ld. az alkoholos erjedést Borkémia című írástunkban ebben a számban).

Teljes alkoholmentesség egyik eljárással sem érhető el gazdaságosan, az alkoholmentes italokra általában a 0,5 %-os alkoholtartalom a jellemző.

Erjed a sör



A gabonaszemek tartaléka

Néhányan a gluténre érzékenyek, nekik különös figyelemmel kell összeállítaniuk étrendjüket. A betegség örökletes, okai máig sem tisztázottak. A panaszok is változatosak; a légúti és bőr tünetek mellett az emésztőrendszer, sőt az idegek is károsodhatnak. A glutén a fűfélék magjában található két tartalékfehérje – a glutenin és a gliadin – gyűjtőneve, melyek a hozzájuk közvetlenül kötött keményítővel és zsírszerű lipidekkel együtt alkotják a sikerséget. A gabonákat, majd az abból készült lisztet sikersértalom alapján sorolják minőségi osztályokba, a magas sikersértalmú lisztből készül a leglágább, legfoszósabb keltkalács. A gluténmentesítéssel nagy árat fizetünk, mert a siker tartalékfehérjei a tészta összetartásában vesznek részt. Egyrészt a polimerizálódásra képes glutenin két ciszteinből keletkező diszulfid hidakon keresztül térhálós szerkezetet hoz létre; másrészt a gliadin molekulák másodlagos kémiai kötések (hidrogén hidak, hidrofób kölcsönhatások) alakítanak ki, melyek stabilizálják a fehérjevázat. A glutenin a tészta rugalmasságát, a gliadin a formálhatóságát és nyújthatóságát biztosítja. Nagy vízmegkötőképessége miatt a magas gluténtartalom lassítja a kenyér kiszáradását, valamint korlátozza a



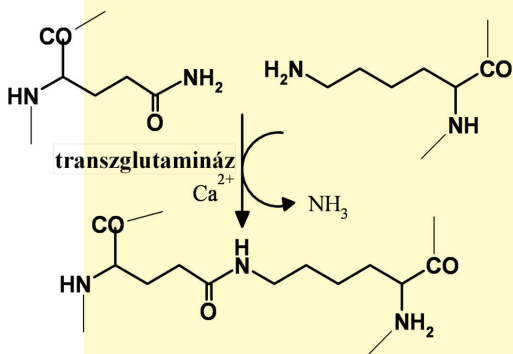
Újrasütve a többnapos kenyeret az állaga szinte olyan lesz, mint frissen. A kenyér megkeményedésében nemcsak a vízvesztés játszik szerepet, hanem a benne lévő keményítő (amilopektin) átkristályosodása is, ami újabb áthévitessel visszafordítható.

tészában lévő keményítő átkristályosodását, így lassítva az állag romlását. A gluténmentes kenyérnek tehát kedvezőtlenül változik az állaga.

A rizs-, a cirok-, a manióka- és a burgonyalisztnak nincs sikkertartalma, így ezek válthatják ki a glutén érzékenyek étrendjében az egyéb gabonaféléket. A rizs gazdaságos természetűsége, valamint semleges íze és színe miatt a rizsliszt a legelterjedtebb. Adalékanyagokkal a sikkertmentes lisztek is alkalmassá tehetők kelt tészták készítésére. Többnyire guar-gumit és keményítőt használnak állagjavítóként, valamint a fehérjeteralmat gyakran növelik szója, borsó vagy tojás fehérjékkel. A fehérjék közötti kereszt-kötéseket kialakító enzim, a transzglutamináz kis mennyiségű adagolásával is létrehozható a gluténhez hasonló rugalmas, térhálós szerkezet.

Ez az enzim amid kötések hoz létre a fehérjékben található két aminosav, a lizin

A transzglutamináz enzim kereszt-kötéseket alakít ki a fehérjéláncban kötött glutamin γ -karboxamid csoportja és a fehérjében kötött lizin vagy más poliamin primer aminocsoportja közt.



ϵ -aminocsoportja és a glutamin γ -karboxamid csoportja közt. Egyéb élelmiszerek szerkezetének összefogására, „megszilárdítására” is alkalmazzák a transzglutaminázt (virslit, fasírt, joghurt), de szerepet játszik a természetes véralvadásban és a szöveteink megerősítésében is.

A hagyományos gabonafélékből készült liszt gluténtartalma vizes mosással távolítható el. A lisztet hideg vízben kevertetik, majd centrifugálással elválasztják a vízdoldhatatlan glutén masszát a nagy részben keményítőt tartalmazó vizes fázistól. Az így nyert keményítő – amely már nem nevezhető lisztnak – számos szénhidrátra bomlik tovább és adalékanyagként is hasznosítható. A keményítő kölcsönöz koecsonyas állagot a porból készült pudingnak, krémlevesnek és salátaönteteknek.

A kinyert glutén sem vész kárba, alkalmas gyengébb minőségű lisztek feljavítására, illetve élelmiszeralaklékként, stabilizátorként kerül felhasználásra. Megtalálható a kechupban, a jégkrémekben, és készítenek belőle megszólalásig húsnak látszó ételeket is.

Tejes étel laktóz nélkül

A laktóz vagy tejcukor a tejtermékek alapvető diszacharid komponense, emésztése során β -D-galaktóz és D-glükóz egységekre hidrolizál. Laktáz enzim hiányában a szerkezet nem képes a tejcukor lebontására, így az nem szívódik fel a belekből és az ott lévő baktériumok erjesztik meg, ami kellemetlen gázfejlődéssel jár.

Az emlőállatok kicsinyeiben a szoptatási időszak lezárultával csökken a laktáz enzim termelése; egyedi emberi vonás, hogy a többség még felnőtt korában is képes a tejcukor megemésztésére. A fel-

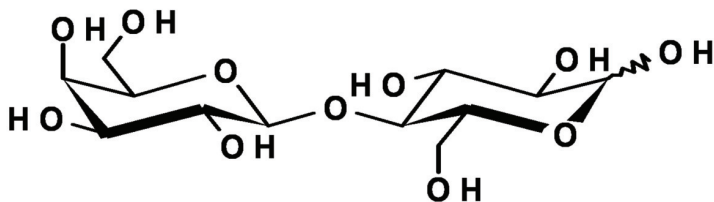
nőttkori laktózérzékenység Észak-Európának csupán 5%-át érinti, de Afrikában, Dél-Amerikában, Grönlandon, valamint Kelet- és Délkelet-Ázsiában a felnőtteknek több, mint 70%-a él együtt ezzel a betegséggel. Ezek a területeken nem jellemző az édes tej fogyasztása.

A laktózmentes tej készítését a természetől lestük el: a tejbe laktáz enzimet adagolnak kis mennyiségben, ami hidrolizálja a tejcukrot. A keletkező cukrok lényegesen édesebbek az eredeti diszacharidnál és ezért édesebb a laktózmentes tej a megszokottnál. Magát a laktáz enzimet használják jégkrémek készítése során, ahol éppen az édes ízhatás fokozása a cél, ráadásul a laktózból előálló szénhidrátok krémesebb állagot kölcsönöznek a terméknek. A laktáz megvásárolható gyógyszer formájában is, ezt közvetlenül a tej fogyasztása előtt kell bevenni, így segíti az emésztést.

Többen beszámolnak róla, hogy tejet nem tudnak fogyasztani, de más, savanyított tejtermékeket igen. Ezek tejből készülnek, de laktóz tartalmuk jelentősen kisebb. A joghurtban az erjesztés során a tejcukor a bakteriumok segítségével tejsavvá alakul. A kefirben a tejsavas erjedés mellett élesztő hatására működő alkoholos erjedés teszi teljessé a folyamatot. Kevesebb tejcukor kerül a zsíros tejkészítményekbe is. A vaj esetében



Gluténből készült műkacsa, Kelet- és Délkelet-Ázsia népszerű eledele. Beleharapva a húsevés élményét idézi a szójakészítményekkel ellentétben.



β -D-galaktopiranozil -

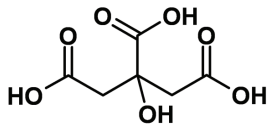
D-glükóz

például elválasztják a tej víztartalmát annak zsírtartalmától. A vízben oldódó laktóz így csak kis mértékben lesz jelen a vajban. Mivel a laktózzérékenység esetén nem allergiás immunreakcióról, hanem emésztési rendellenességről van szó, így többnyire a tejtermékekben található, kis mennyiségű tejcukor fogyasztása nem okoz panaszokat.

Fanyar gyümölcsök, enyhe gyümölcslevek

A rostos gyümölcslevek közül a citrusfélékből készült italok dobozain gyakran olvashatjuk a savmentességre utaló enyhe (mild) jelzöt. A savanyúság egyszerűen szabályozható a –

csontokat is erősítő – kalcium bázikus vegyü-



Citromsav

leteinek (CaCO_3 , Ca(OH)_2) adagolásával.

Technológiai szempontból a kalciumhidrid felhasználása előnyösebb mint a karbonáté, mert alkalmazása során nincs gázfejlődés. A adagolási folyamat során 4-es pH értéket állítanak be és a kicsapódó kalciumcitrátot szűrővel távolítják el, amelyből a citromsavat egy másik eljárásban kénsavas kezeléssel nyerik vissza további célokra. A kalciumhidroxidos semlegesítési módszer előnye, hogy nagyon olcsó és nem igényel bonyolult berendezéseket, a termék megnövekedett kalciumion koncentrációja pedig tolerálható.

A savasság csökkentésében eredményes kísérleteket végeznek az ioncserén alapuló

eljárásokkal is. Egy újabb módszer szerint a savasságot azáltal csökkentik, hogy a gyümölcslevet egy polisztirol-divinilbenzol polimergyanta alapú anioncserélő fázison folytatják át. A gyantán kötött hidroxidionok oldatba mennek és citrát anionok kerülnek a helyükre, így zajlik az ioncsere. A hidroxid ionok az oldat savasságát okozó hidroxónium ionokkal reagálva csökkentik az oldat savasságát. A művelet végeztével a gyanta lúgdattal regenerálható és újrahasznosítható.

Másik lehetőség az elektrodialízis, melynél az ionok egy részét egyenárammal távolítják el féligáteresztő hátrtyákat is alkalmazva (ld. alsó ábra). A speciális féligáteresztő hátrtyák az elektrolizálócellát zsebekre osztják fel, melyeken így csak kis méretű, adott töltésű ionok képesek áthatolni. A pontos elrendezés különböző lehet, de a működési elv lényege közös. Egy-egy zsebben a szomszédos térrészéből érkező ionok csapdázódnak, így szelektíven elvezethetők. Az ioncsere itt is a citrát és a hidroxid ionok cseréjét jelenti.

Az ioncserélő eljárások további jellemzője, hogy részben a citrusfélék fanyarságát okozó limonint és naringint is kivonják. A limonin a

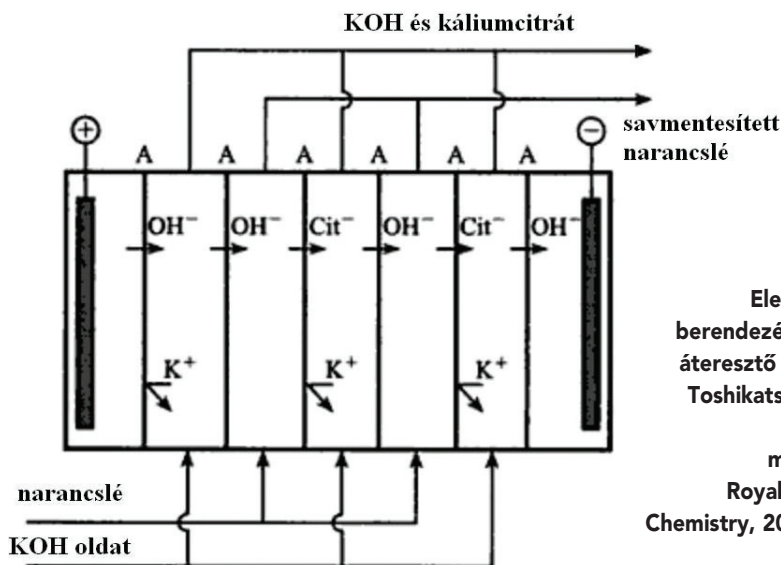
fogyasztás során közvetlenül érezhető általános keserű ízt okozza, míg a grapefruitra jellemző keserű utóízhez a naringin járul hozzá. Enzimes kezeléssel ez a két vegyület olyan termékekké alakítható amelyek nem keserűek, és ízüik elfedhető eltávolításuk nélkül is. A szénhidrátok családjába tartozó β -ciklodextrin molekulák képesek üreges szerkezetükbe zárnai a limonint és a naringint, így a komplexképzők adagolásával a keserű íz is enyhíthető. Elsősorban a gyümölcslevegártás melléktermékeinek feldolgozásában nyertek teret a fanyar zamatot mérséklő eljárások; így a kifacsart gyümölcs húsa és héja sem vész kárba, belőlük élelmiszerek ízesítésére alkalmas koncentrátumokat készítenek.

Kémiai és technológiai ismeretek alkalmazásával tehát elérhetővé tehetők különböző élelmiszerek azok számára is, akik azokat eredeti formájukban nem fogyasztathatják.

Mizsei Réka

* Olvasnivalók

1. *Journal of Food Engineering European Food Research and Technology*
2. *Extraction of Natural Products using Near-Critical Solvents King, M.B.; Bott, T.R. (Eds.), Springer, 1993, ISBN: 978-0-7514-0069-4*
3. *A Short History of the Art of Distillation R. J. Forbes, White Mule Press, 2009, ISBN: 0982405545*
<http://www.klauzal.hu/cikk/379.html>



Elektrodialízis berendezés (A: anion áteresztő membrán).
Toshikatsu Sata: Ion exchange membranes, Royal Society of Chemistry, 2004 alapján

Borkémia

A szőlőnövény már a harmadkor elején létezett a Földön. Különböző fajai, fajtái a legtöbb kontinensen megmaradtak fosszilis formában. A bor Mezopotámiából indult el világhódító útjára Európába, Afrikába, majd a XVI. században a spanyolok által Amerikába, és végül Ausztráliába.



A sumérok írásai révén tudjuk, hogy idővel egyre jobban megkedvelték a szőlőbort a térségben elterjedt sörrel és datolyaborral szemben. Az ókori Ur városban fellelt agyagtáblák szerint a királyi írások által fogyasztott, úgynevezett erős bor sokkal értékesebb volt a datolyából készült bornál. Ezek az ékírások

tanúszkodnak arról, hogy a borászat az emberi civilizációval gyakorlatilag egyidős.

A szőlőfürt fejlődési folyamatát négy periódusra oszthatjuk fel: növekedés, zsendülés, érés és túlérés. Ez alatt az idő alatt alapvetően változik a fürt morfológiája és kémiai összetétele. Növekedéskor a bogyók térfogata növekszik, de még erősen zöldek és kemények; cukortartalmuk alacsony, ellentétben a savtartalommal, mely az idő haladtával fokozatosan növekszik. Zsendüléskor hirtelen változás megy végbe a bogyóban: térfogata még nagyobb lesz, és mivel sejtfalai átalakulnak, külseje átlátszóbbá, rugalmasabbá, puhává válik; elveszti klorofilltartalmát, színeződni kezd, cukortartalma megnő, savtartalma pedig folyamatosan csökken. Az érés során a szőlőbogyó térfogata maximálisra nő, belső összetétele változik: a már meglévő alkotórészek átalakulnak és egyéb, más szervekből származó anyagok hal-

mozódnak fel benne. A túlérés állapota a cukorbeáramlás megszűnésével veszi kezdetét, a vízleadás következtében a bogyók levének cukor-, ásványianyag-, és nitrogéntartalma folyamatosan koncentrálódni kezd.

TÖRKÖLYTŐL A MUSTIG

A borkészítés első lépése, a szőlő feldolgozása az, amely a legjobban befolyásolja a leendő must, a későbbi bor minőségét. Ez tulajdonképpen a szőlő levének elkülönítése a szőlőfürt szilárd részétől, a törkölytől (kocsány, mag, héj). A szőlőbogyó húsa adja a must 90 százalékát, így nem meglepő, hogy összetétele nagyon hasonlít a must összetételére. A kocsányból sok kötött sav, összetett cukor és cserzőanyag származik. A magból főleg cserzőanyagok és fenolos anyagok kerülnek a mustba. A bogyók héjából kötött savak és fenolos vegyületek jutnak a mustba, a sárga és vörös pigmentek (szőlőfajtától függően) is innen származnak. A sárga színanyagokat különböző flavonok adják, melyek a bogyóhúsban is megtalálhatóak, a vörös színanyagokat adó antociánok viszont csak a héjban vannak jelen.

A must a szőlő préselésével nyert édes, zavaros folyadék. Legfontosabb összetevői a szénhidrátok, túlnyomó részük glükóz és fruktóz. Ezek az alkoholos erjedés során



HTTP://WWW.MOPLANTS.COM/GALLERY2/MBG+IMAGES/GRAPE.JPG.HTML

A szőlő indája, levele, kocsánya, fürtje, bogyója, magja



nagyrészt etanollá alakulnak át. A szacharóz (egy glükóz és egy fruktóz által alkotott diszacharid) a szőlő zöld részeiben gyakori tartaléktápanyag, azonban a mustban már csak nyomokban mutatható ki. A must nyomokban tartalmaz pentózokat (öt szénatomos cukrok) és pektineket (heteropoliszacharidok) is.

A mustban található szerves savak a borkósav és az almasav, valamint elhanyagolható mennyiségben citromsav. Szintén elhanyagolható a mustban található nitrogén tartalmú vegyületek mennyisége, azonban néhány fontos szerepet játszik. Az aminosavak (leggyakoribbak: arginin, treonin, prolin, glutaminsav) az élesztők nitrogén asszimilációjának lényeges elemei. A fehérjék később a borban hőhatásra kicsapódhatnak, ami komoly problémákat okozhat a borászoknak.

SZÍN ÉS ZAMAT

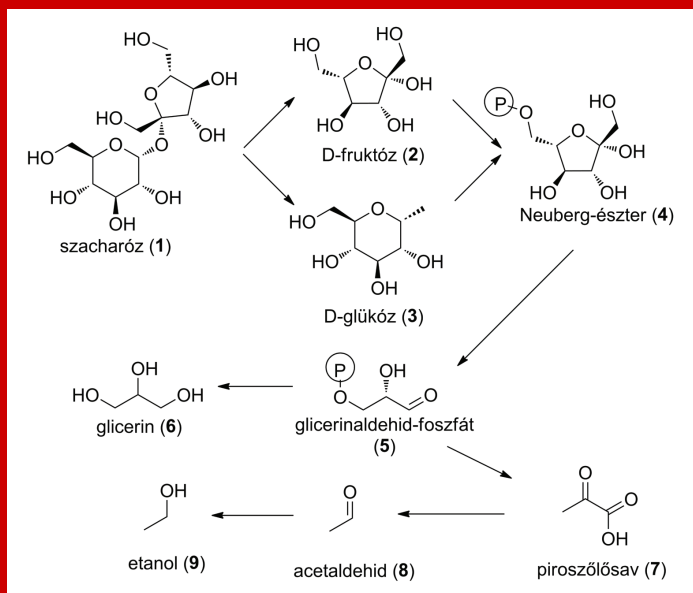
A cserzőanyagok közül a katechin és a leukocianidin a legfontosabbak. A sárga színanyagok a xantofill, a karotin és a flavonok családjába tartozó kvercetin. A vörös színanyagok a különböző antociánok. Vitaminok is találhatóak a mustban, de ezek főleg az élesztők és egyéb baktériumok miatt fontosak. A kellemes illat- és zamatanyagokat bukéanyagoknak nevezzük. Az elsődleges bukéanyagok már a szőlőben kifejlődnek.

A BORBAN LÉVŐ VEGYÜLETEK ÉS AZOK MENNYISÉGE

CSOPORT	ANYAG	MENNYISÉG (1L)
illó termékek	víz	700 - 900 g
	etanol (etil-alkohol)	8 - 17 V%
	nagyobb szénláncú alkoholok	0.15 - 0.50 g
	etanal (acetaldehid)	0.005 - 0.5 g
	észterek	0.5 - 1.5 g
	illó savak	0.3 - 0.5 g
	metanol	0.015 - 0.02 g
állandó összetevők	cukrok	0.8 - 180 g
	glicerín	5 - 12 g
	cserzőanyagok	0.4 - 4 g
	színezékek	1 - 3 g
szerves savak	pektinek	1 - 3 g
	borkósav	1 - 3 g
	almasav	0 - 5 g
	tejsav	0.2 - 1.2 g
	borostyánkósav	0.5 - 1.5 g
	citromsav	0 - 0.5 g
szervetlen anionok	szulfát	0.1 - 0.4 g
	klorid	0.02 - 0.25 g
szervetlen kationok	foszfát	0.08 - 0.50 g
	kálium	0.7 - 1.5 g
	kalcium	0.06 - 0.09 g
	réz	0.1 - 3 mg
	vas	2 - 5 mg
	ólom	0 - 3 mg
oldott gázok	szén-dioxid	0.2 - 0.7 g
	kén-dioxid (szabad)	10 - 50 mg
	kén-dioxid (kötött)	80 - 200 mg

AZ ALKOHOLOS ERJEDÉS

A mustban végbemenő változások legfontosabbika az alkoholos erjedés. A must két fő cukra a fruktóz(2) és a glükóz(3). Szacharóz(1) keletkezhet a gliukóz és a fruktóz összekapcsolódásával de a savas közeg miatt gyorsan visszaalakul. A két cukor közül a gliukóz gyorsabban erjed, így a gliukóz/fruktóz arány követésével az erjedés előrehaladottságára következtethetünk. Ettől eltekintve azonban a két cukor ugyanazon séma szerint erjed. Az első lépés a foszforsav-észterek képződése, kezdetben az ún. Neuberg-észter(4) keletkezik, majd ebből a difoszfát-észter. Az utóbbi molekula kettéhasadásával 2 darab 3-glicerinaldehid-foszfát(5) keletkezik. Az erjedés elején és később mellékreakcióként, 2 molekula 3-glicerinaldehid-foszfátból a foszfátsoport távozásával és redoxi reakcióval glicerín(6) és piroszőlősav(7) képződik. A piroszőlősavból decarboxilezéssel acetaldehid(8) keletkezik. Ez tudja oxidálni a 3-glicerinaldehid-foszfátot, így nem keletkezik glicerín a fő folyamatban. Végül az acetaldehid etanollá(9) redukálódik.



A must főleg az alkoholos erjedés, és annak számos mellékreakciója folytán alakul borrá. A borban található sokféle alkohol közül a legjelentősebb természetesen az etil-alkohol, amely egyben a bor természetes védő- és tartósítóanyaga is. Az etil-alkohol mennyisége száraz borokban folyamatosan csökken a különböző szerves vegyületekkel való észter és acetalképzés, valamint az eloxidálódás (azaz ecetesedés) és párolgás miatt. Ezzel szemben édes borokban az utóerjedés során, amikor a maradék cukor egy része kiejedhet, növekedhet az alkoholtartalom. Minden borban található metanol is (igaz csak minimális mennyiségben), ami a pektinek metoxicsoportjainak hidrolízéséből származik. Néhány magasabb szénatomszámú alkohol is keletkezik az erjedés során melléktermékként (például izobutil-alkohol vagy izoamil-alkohol), amelyek főleg a bor illatának kialakulásában játszanak szerepet. A glicerin is fontos alkotó-

része a bornak, ugyanis édes ízénél és magas viszkozitásánál fogva lágyaságot, bársonyosságot és testességet kölcsönöz annak.

A bor cukortartalma lényegében glükózból és fruktózból áll. Természetes úton úgy keletkezik édes bor, hogy a must olyan sok cukrot tartalmaz, hogy nem tud teljesen kiejedni, mert az erjedés során

A bor bukéanyagai közül eddig 400 vegyületet azonosítottak.



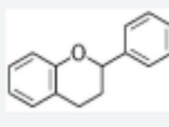
keletkező alkohol elpusztítja az erjedésért felelős élesztőket még az erjedés befejeződése előtt, így a cukor egy része megmarad. Egyes pentózok (például az L-arabinóz és a D-xilóz) nem is alakulnak át az erjedés során, így mennyiségük nem változik az erjedés alatt.

SAVAK ÉS ÁSVÁNYOK

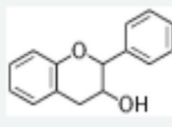
A bor a benne lévő szerves savak miatt savas kémhatású. A szőlőből származik a borkósav, az almasav és a citromsav. Az erjedés alatt tejsav, borostyánkósav és ecetsav keletkezik. A borkósav a bor legerősebb sava, mennyisége a borkőkiválás (káliumbitartarát) miatt fontos. Az almasav okozhatja esetlegesen a bor nyers ízét, azonban ez ritka, inkább csak fiatal boroknál fordul elő. A legtöbb ízzel rendelkező sav a borostyánkósav, míg az ecetsav adja az illósavtartalom több mint 90 %-át. Az ecetsavtartalommal a bor egészségi állapotát is lehet jellemezni, ugyanis ha túl sok az ecetsav, az baktérium-tevékenységre utal.

A bor ásványi-anyag tartalmát szervesetlen anionok és kationok adják. Ezek mennyisége az erjedés során folyamatosan csökken, ugyanis egyes anyagokat az erjedésért felelős élesztők használnak fel, míg mások old-

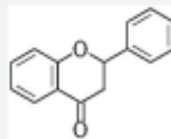
Flavane



I, Flavan

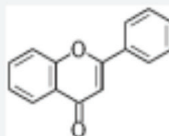


II, Flavan-3-ol

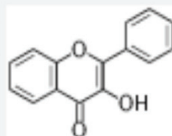


III, Flavanon

Flavone

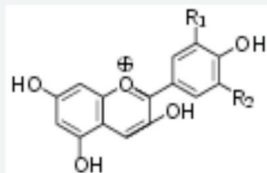


IV, Flavon



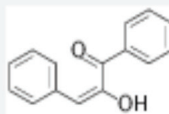
V, Flavonol

Anthocyanidine



VI, Anthocyanidin

Chalkone



VII, Chalkon

Flavonoidok

A bor ízéhez és illatához az úgynevezett illókomponensek is hozzájárulnak. Ezeket három csoportra oszthatjuk. Elsődleges bukéanyagok azok, amelyek már a szőlőben is megtalálhatóak és a bor kialakulása során nem tűnnek el. Másodlagos bukéanyagoknak nevezzük az erjedés során keletkezett íz és illat szempontjából fontos anyagokat (például: acetaldehid), míg a harmadlagos bukéanyagok az érlelés és az öregedés alatt keletkeznek. Körülbelül 400 fontosabb ilyen vegyületet azonosítottak eddig, és az is kiderült, hogy egyes elsődleges bukéanyagok képződhetnek a bor kialakulása során is.

Az elsődleges bukéanyagok elsősorban a szőlőfajtára jellemző ízért, illatért felelősek. Legnagyobb részük fenolos anyag (emellett terpének és metoxipirazinok fordulnak még elő), azaz a színyanyagokhoz és a cserzőanyagokhoz hasonló természetű vegyületek. Ezen anyagokat négy csoportra lehet osztani: monomerek, polimerek, kombinált fenolszármazékok és vörös színanyagok. A monomerek közé a benzoésav és a fahéjsav és származékaik valamint a flavonidok tartoznak. A polimereket a tanninok két csoportja alkotja: a flavonokból C-O és C-C kötés létrejöttével képződött kondenzált tanninok és a galluszsav glükozidjai, a hidrolizálható tanninok. Kombinált

hatalatlan só formájában kiválnak. A borban leggyakoribb anionok a szulfát, a klorid és a foszfát. A kationok közül a kálium, a nátrium, és a kalcium a leggyakoribb, de a feldolgozás során nagyon kis mennyiségben nehézfémionok is kerülhetnek a borba (például: réz, vas vagy ólom).

A mustból származó cserzőanyagok és színezékek mennyisége az erjedés során nem változik, a különböző kiválások miatt bekövetkező csökkenés elhanyagolható. Hibás kezelés következtében azonban ezek a cserző anyagok és színezékek is átalakulhatnak, mivel könnyen lépnek redoxi reakciókba.

A borban lehetnek oldott gázok is. Az erjedés során keletkezett szén-dioxid minimális része oldott gázként a borban maradhat. A borászok kén-dioxidot juttatnak a borba, ami a bor sok betegségét vagy megváltozását okozó mikroorganizmusra méregként hat, ezen kívül véd az oxidáció-

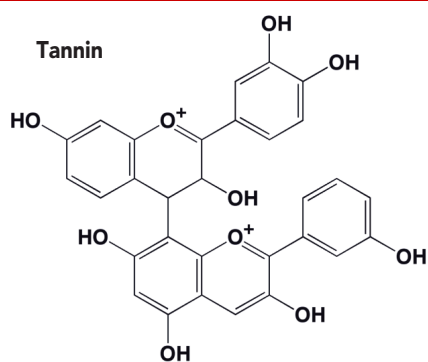
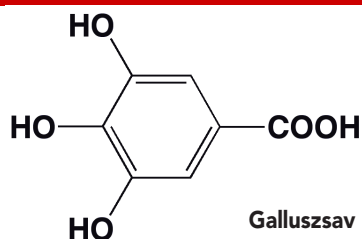
tól. Ekkor a gáz egy része kötött állapotba kerül, ugyanis főként oxo-vegyületekkel reagál, de a szabad állapotban maradt része továbbra is védi a bort.

Hosszú út vezet a szőlőtől a muston át a borig. Láthattuk, hogy a szőlőszemben található különböző természetes anyagok (cukrok, savak) számos átalakuláson mennek keresztül. Ezen folyamatok következtében elkészül a bor, melynek jellegzetes ízéért legfőképpen az alkoholok, a cukrok és a szerves savak felelősek. Biológiai és kémiai változások csodálatos egyvelege ez, nem véletlen hát, hogy a szőlőkultúra és a bortörténelem szálait több ezer évre visszanyúló legendák sora szövi.

Bacsó András, Kis Anna

***** Felhasznált irodalom:

1. Ian Hornsey: *The Chemistry and Biology of Winemaking 2007* (Cambridge, The Royal Society of Chemistry)
2. Dr. Ferenczi Sándor: *A szőlő a must és a bor kémiája 1966* (Budapest, Mezőgazdasági Kiadó)
3. Rohály Gábor, Mészáros Gabriella, Nagymarosy András: *Terra Benedicta* (Budapest, Akó Kiadó)



fenolszármazékra példa a fahéjsav és a borkősav észtere. A vörös színanyagok legfontosabb tagja a malvidin, ami a szőlőben még glükozidként található. A másodlagos és harmadlagos bukéanyagok az erjedés mellékreakcióiban valamint az érlelés során történő borspecifikus változások során keletkeznek.

HTTP://TOKAJ.TOURINFORM-TOKAJ.FOTOALBUM2.HU



Kiralitás-II. Kémia, természet, művészet

Molekulák kiralitása szigorúan csak kétféle lehet, amit – vélekedésünktől és érzelmeinktől függetlenül – egy polariméter olyan biztonsággal dönt el, hogy arra törvényszéki ítélet támaszkodhat.

A gyógyszergyárak nem azt gyártanak, amit akarnak, hanem csak azt, amire engedélyt kapnak. A forgalomba hozatal előtt szigorú toxikológiai, farmakológiai és klinikai vizsgálatok dokumentálásával kell az egészségügyi hatóságok előírásainak megfelelni. Ennek következménye az, hogy több ezer új molekulából egy jut el az engedélyezésig és az eljárás 10 – 15 évet is igénybe vesz. Érthető tehát, hogy az új gyógyszereket a gyárak szabadalommal védik, a meghatározott időre érvényes monopol gyártás által teremtve meg a fejlesztés költségeit. A gyógyszerpiac kínálata tehát nemcsak a gyárak képességeit, hanem a hatósági előírásokat is jellemzi.

Királis gyógyszerek

Az 1980-as évek első felében több, egymástól független forrásból erős kritika érte a teljes gyógyszerkínálat 25 %-át kitevő racém formában forgalmazott gyógyszereket. Azt már akkor is tudni lehetett, hogy a béta blokkolók (S)-enantiomerje fejt ki gyógyító hatást, sok más esetben azonban az enantiomerek vizsgálata még nem történt meg. Az enantiomerek ugyanis nem álltak rendelkezésre és az analitikai módszerek fejletlensége miatt az enantiomereket nem tudták külön mérni. A fejletlen gyógyszeranalitika az enantiomerek együttesét tudta csak meghatározni. Az egyik kritika szerint racém gyógyszer hatékonyságáról beszélni annyi, mint

egy házaspár vérnyomásáról. Ha figyelembe vesszük, hogy a vérnyomás attól is függ, hogy valaki egyedül van-e vagy társaságban, a hasonlat még találhatóbb, hiszen az enantiomerek módosíthatják egymás hatását.

Farmakológiai alapon megállapítható, hogy milyen paciens-csoportok esetén lehet káros a hatástalan enantiomer jelenléte a szervezetben.

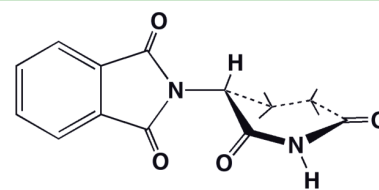
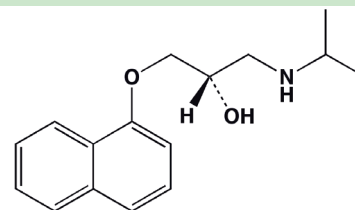
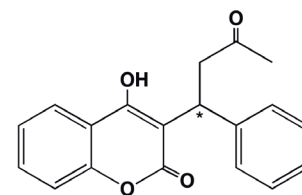
1. Terhes anyák kezelése esetén a gyógyszerek megjelennek a magzatban is, így az egyik enantiomer kétszeresen is fölösleges. Az újszülöttnél ugyanis a gyógyszerek metabolizmusa (lásd: A Kémiai Védelmi Rendszer, Kémiai Panoráma 4. szám) még fejletlen, és csak a 4-5. napra fejlődik ki. Az élet első napjaiban a vér albumintartalma is alacsony és a szérumfehérje kötődés kevésbé védi a szervezetet az idegen anyagoktól.

2. Az idős korosztály esetén a gyógyszerek metabolizmusa lelassul és a kiürülés hosszabb időt vesz igénybe. Ugyanakkor számos gyógyszerre az idős betegek érzékenyebben reagálnak, mint a fiatalabbak a szérumalbumin szintjének csökkent értéke miatt. Ezért a dózist lehetőleg minimálisra kell korlátozni, amit racém gyógyszer alkalmazásakor nehezebb betartani.

3. Vese- ill. májbetegség kezelésének nehézsége a kiválasztószervek csökkent gyógyszerűrítő képessége. Ilyenkor endogén toxikus anyagok szaporodnak fel a vérben és a káros hatás csak fokozódik a szükségtelen enantiomer jelenlétében. A toxikus anyagok csökkentik a szérumfehérje kötődés védő hatását is.

Racém gyógyszerek enantiomer-párjai nem maradnak együtt a szervezetben. A szétválás már a vérben megkezdődik a szérumfe-

hérjékhez történő kötődés szelektivitása miatt. További különbség lép fel a metabolizáló enzimek szintjén, mivel a kétféle enantiomer átalakítását más-más enzimek végzik el. Végül, az enantiomerek a hatás centrumához (receptorhoz) eltérő erősséggel kötődnek. Az enantioszelektív metabolizmusra vonatkozó első megfigyelések a legelterjedtebb orális antikoagulánsra (warfarin, 1980) és az első béta blokkolóra (propranolol, 1982) vonatkoztak.



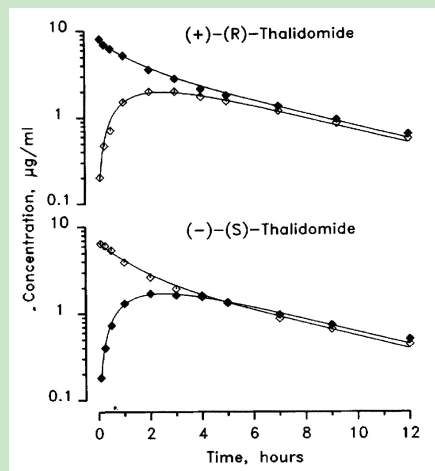
Warfarin
(S)-propranolol
(+)-(R)-thalidomide

A következő évtized jelentős fejlődést hozott mind az enantioszelektív analitika, mind a sztereoselektív szintézismódszerek fejlődésében. Az analitika fejlődésének példájául szolgáljon thalidomide, a gyógyszer-történelem szörnye. A thalidomide

(Contergan®) 1957-ben került piacra a terhességgel együttjáró panaszok kezelésére mint enyhe nyugtató és fájdalomcsillapító. Magzatkárosító (teratogén) hatása miatt néhány év alatt több, mint 10 ezer nyomorék gyermek született, akiknek nem fejlődtek ki a végtagjai. A gyógyszer tragi-

... racém gyógyszer hatékonyságáról beszélni annyi, mint egy házaspár vérnyomásáról

... kus következményeire csak 1961-ben derült fény, amikor is betiltották, bár úgy vélték, hogy az R-enantiomer mentes a magzatkárosító hatástól. Angol kutatók 1967-ben nyulakon bemutatták, hogy mindkét enantiomer káros, de a végső bizonyíték 1995-ig váratott magára. Ekkorra vált lehetővé biológiai mintákban az enantiomerek keverékének enantioszelektív analitikai vizsgálata. Svéd kutatók bebizonyították, hogy thalidomide racemizál az emberi szervezetben, tehát bármelyik enantiomert adagolják, rövid idő alatt mindkettő megjelenik.

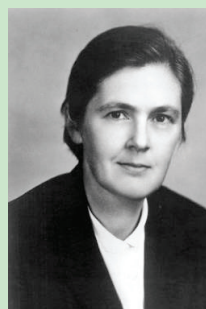


Thalidomide racemizációja emberi vérben, CHIRALITY 1995, 7, 44-52.
Bármelyik enantiomert adagoljuk, a kezdeti koncentráció csökkenése együttjár az ellentétes enantiomer keletkezésével

Legújabbban a végtagok fejlődésének elmaradását az érzékszervi gátlásának tulajdonították. Németországban mintegy 5000, Angliában kb 2500 nyomorék gyermek született. Az USA megmenekült ettől a tragédiától, mert 1960-ban az FDA (Food and Drug Administration, az amerikai gyógyszerhatóság) farmakológusa, Dr Frances Oldham Kelsey elutasította a Richardson Merrell gyógyszergyárnak a thalidomide forgalmazására vonatkozó kérelmét azon az alapon, hogy nem vizsgálták meg a szer hatását a születendő utódokra. 1962-ben Kelsey-t hősként ünnepezték.



Végtagok nélkül született gyermek

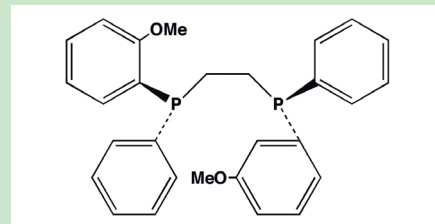


Frances Oldham Kelsey, MD

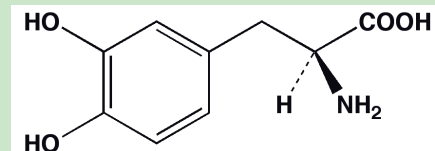


Elnöki kitüntetés

A sztereoselektív szintézismódszerek kifejlődése a XX. század szerves kémiájának egyik csúcspontját képviseli. 1974-ben William S. Knowles volt az első katalitikus aszimmetrikus szintézis ipari megvalósítója. Katalitikus mennyiségű kelátképző királis difoszfin rhodium-komplexének jelenlétében végrehajtott hidrogénezési reakcióval 95 %-os enantiomer-feleslegű L-DOPA előállítását oldotta meg. Az L-DOPA a Parkinson-kór gyógyszere és az eljárást ma is alkalmazzák.

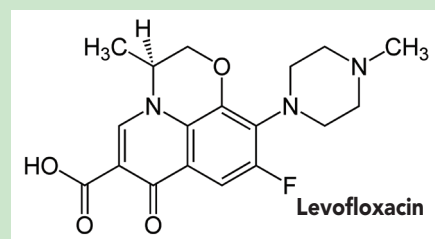
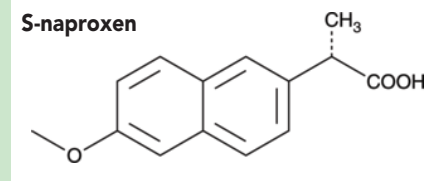
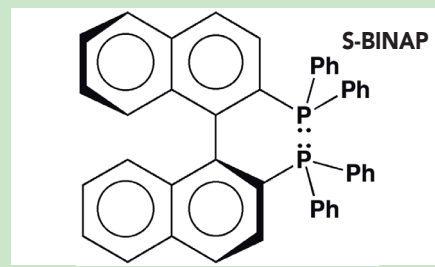


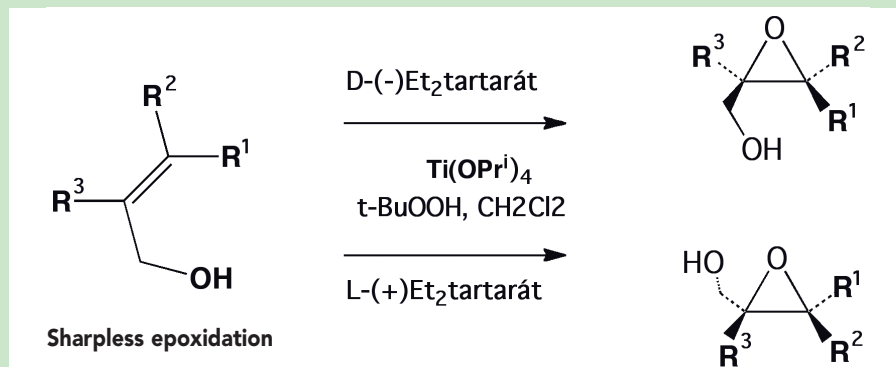
Kelátképző királis difoszfin



L-DOPA

Ryoji Noyori 1980-ban fedezte fel a binaphthalyl-phosphin (BINAP) atropizomereket, amelyek kiralitása a naftalin gyűrűket összekötő egyesítés rotációs gátlásától ered. Az S-BINAP mint királis adalék ruténium-diacetát sóval komplexet képez és lehetővé teszi telítetlen karbonsavak enantioszelektív redukcióját. Ez a reakció vezetett 97 %-os enantiomer-feleslegben a gyulladásgátló gyógyszer, S-naproxen előállításához. Ugyancsak ezzel az eljárással lehetett a racém antibiotikum, ofloxacin helyett az S-konfigurációjú levofloxacin előállítani.



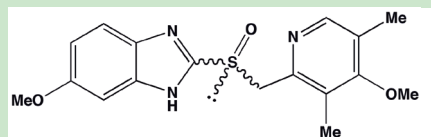


K. Barry Sharpless az oxidációs reakciók végrehajtására dolgozott ki királis katalizátorokat. Titánium(IV)-tetraisopropiloxid, t-butil-hidroperoxid és dialkil-tartarát egyik enantiomerje jelenlétében allilalkoholokból sztereoselektív epoxidációkat hajtott végre. A termék konfigurációját az alkalmazott enantiomer tartarát határozta meg.

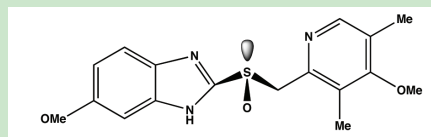
Ezzel a módszerrel megoldódott a béta blokkolók S-enantiomerjének nagyipari előállítás is. A három kitűnő kémikus megosztott Nobel-díjat kapott 2001-ben.

Az analitikai eljárások és a sztereoselektív szintézismódszerek fejlődése lehetővé tette az enantiomerek farmakológiájában fellépő különbségek széles körű megismerését. Ennek következtében a gyárak királis technológiai eljárásokat dolgoztak ki és fokozatosan átalakították a gyógyszerpiacot. A gyógyszerfejlesztés megnövekedett költségeit u.n. királis váltással próbálták meg ellensúlyozni. Ez a már szabadalommal védett racemát helyébe lépő új szabadalmi védettségű enantiomer-gyógyszer bevezetését jelentette. Sikeres királis váltást az AstraZeneca gyógyszergyár hajtott végre, amikor a gyomorfekély kezelésére gyártott racém omeprazol helyettesítésére kidolgozta az esomeprazol

gyártását. A racém gyógyszert védő szabadalom 2002-ben járt le, ami után ezt a terméket bármelyik gyógyszergyár gyárthatta volna. 2001-ben került piacra az esomeprazol. Míg 2001-ben egyedül a racém omeprazol a gyárnak 5,6 milliárd US\$ forgalmat jelentett, az omeprazol és esomeprazol együttes forgalma elérte a 6,2 milliárd US\$-t, és ez utóbbi forgalom 2002-ben 6,6 milliárd US\$-ra növekedett.

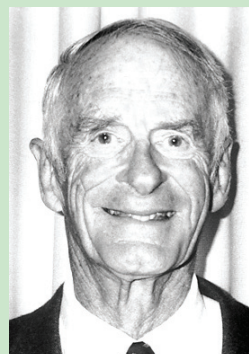


Királis kénatomot tartalmazó rac-omeprazol



esomeprazol

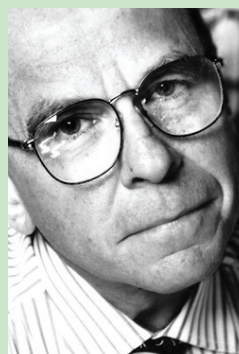
A siker hatására a királis váltást több gyár is megpróbálta, változó sikerrel. Némelyik ügyeskedett és szabadalmat kért nem védett racemátok mindkét enantiomerjére, hogy licenz-díjat kapjon a racemátot gyártó cég-



William S. Knowles



Ryoji Noyori



K. Barry Sharpless

... thalidomide – a gyógyszer-történelem szörnye – racemizál az emberi szervezetben

től. Ez a módszer nem az enantiomer-gyógyszerek fejlesztésének igazi útja.

A XX. század utolsó évtizedeiben megváltoztak a hatósági előírások is megnehezítve racém gyógyszerek engedélyezését. Ennek következtében jelentős eltolódás következett be a forgalomban lévő enantiomer-tisztaságú gyógyszerek részesedésében. Az újonnan engedélyezett gyógyszerek körében a XXI. század elejére az enantiomerek domináns szerephez jutottak.

A racém gyógyszereket az 1980-as években ért kritika tehát nem volt hiábavaló.

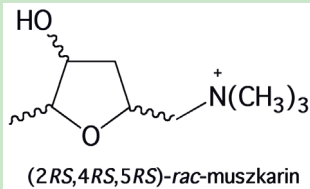
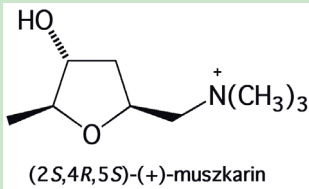
Kiralitás a törvényszéken

Első történetünk 1930-ból származik.

Az 56 éves George Harrison holtan találták erdei kunyhójában, ahol évek óta ősz táján egy-két hetet rendszeresen eltöltött. Harrison szerette a gombákat, egy rajzokkal illusztrált tanulmányt is írt róluk.

Az 1929. december 5-én tartott tárgyaláson Sir James Lubbock törvényszéki analitikus elmondta, hogy az áldozat gyomrában és az ételmaradéokban jelentős mennyiségű muszkarint azonosított, ami az Amanita muscaria (légyölő galóca) gomba mérgező anyaga. Az ügyész kérdésére Sir James határozottan állította, hogy Harrison kétséget kizáróan muszkarin mérgezésben halt meg, amit ő az analízis céljából kapott gombás ételben talált. A bíróság rövid tanácskozás után ítéletet hirdetett: „Amanita muscaria mérgezés miatt bekövetkezett véletlen halál”.

Az ügy lezárult, de nem hagyta nyugodni John Muntingot, az áldozat jó ismerősét, aki nem hitte el, hogy Harrison mérges gombából készített magának ételt. Egy társaságban találkozott egy oxford-i vegyész-szel, akitől megtudta, hogy az élő anyagból származó királis vegyület megkülönböztethető szintetikus vegyületektől. A különbség



anyag a polarizált fény síkját elforgatja.

Munting izgatottan magával vitte az oxford-i vegyészt a kétkezdő Sir Lubbock-hoz, akit sikerült

az, hogy a laboratóriumban előállított anyag racém formájú és optikailag inaktív, míg az élő szövetből származó természetes

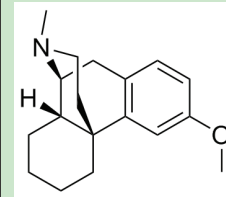
rávenni, hogy az áldozat ételmaradékából izolált muszkarin oldatát polariméterrel vizsgálja meg. Megdöbbenet tapasztalták, hogy a muszkarin racém, azaz kémiai szintézis eredménye.

A szintetikus muszkarin eredete visszavezethető volt Mrs Harrison szeretőjének egy egyetemi laboratóriumban tett látogatására, s így az 1930. november 30-i Morning Express címlapja az alábbi hírt adta közzé: „A gyilkos elnyerte büntetését“.

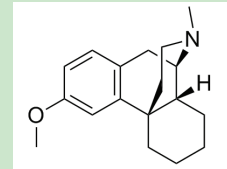
A második történet már szinte napjainkban játszódik.

A regény mellék-cselekményeként meghal egy idős hölgy, a gyilkosság kizárható. Mellette egy vény nélkül kapható köhögéscsillapító gyógyszer, dextromethorphan (Robitussin®) üres orvosságos üvegét találják. A nyomozás eleinte nem sok eredményt jár, mivel a gyomortartalom vizsgálata szerint az elfogyasztott mennyiség sokkal kisebb, mint ami mérgezéshez vezethetett

volna. A törvényszéki szakértő azonban hallott a kiralításról és polarimetriás vizsgálatot rendel el: ennek során kiderül, hogy a köhögéscsillapító hatóanyaga helyett annak tükkörképi enantiomerje, erős kábító hatású levomethorphan volt az üvegben.



dextromethorphan
(köhögéscsillapító)

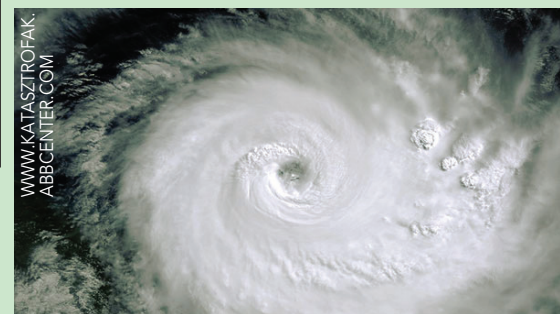
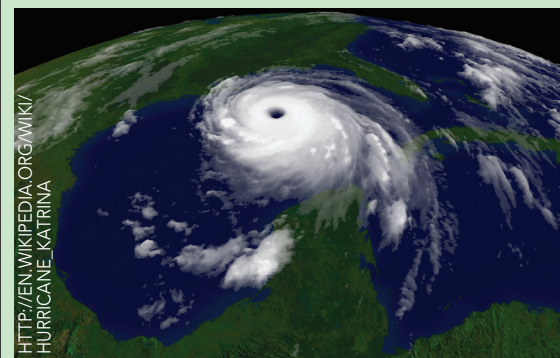


levomethorphan
(ópiát típusú fájdalomcsillapító)

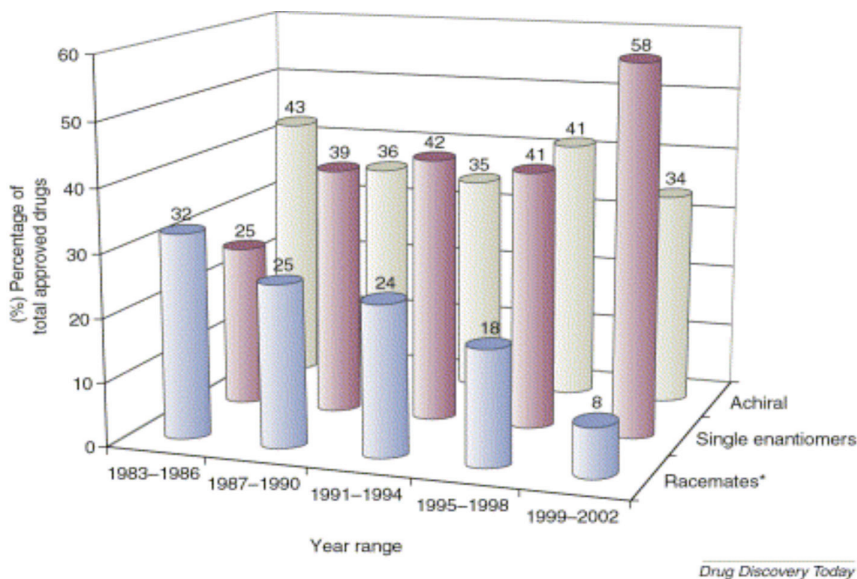
A hölgy ugyanis rákos beteg volt és miután elvesztette testvérét, nem akart tovább élni, ezért a köhögéscsillapító üvegében tartott fájdalomcsillapító teljes mennyiségének elfogyasztásával öngyilkos lett.

Kiralítás a légkörben

A Föld forgása miatt fellépő Coriolis erő következtében a szél spirális pályán halad. Ez történik hurrikánok (trópusi ciklonok) esetén, melyekben a befelé gyorsuló viharos szél közepén orkán erősségű és hatalmas szírváhatást okoz. A hurrikánok felhőörvényei az északi féltekén balra, a déli féltekén jobbra forognak, amint ez a New Orleans-ban 2005-ben nagy pusztítást végzett Katrina és az Ausztráliában tomboló Hamish hurrikán felvételén látható.



DOROTHY L. SAYERS, ROBERT ELUSTACE, THE DOCUMENTS IN THE CASE, VICTOR GOLLANZ LTD, LONDON, 1930.



Négyéves időszakokban engedélyezett gyógyszerek %-os megoszlása királis jellegük szerint: szürke ~ nem királis, rózsaszín ~ tiszta enantiomer, kék ~ racemát (Drug Discovery Today, 2004, 9, 105-110)



Isten keze



Az ördög keze

Nyelvi előítéletek

Mielőtt áttérnénk a művészetekre, szólnunk kell a kiralitás és a nyelvek viszonyáról. Az a körülmény, hogy az emberek többsége jobbkezes, a jobb értelmét kedvező, míg a balét káros hangulattal társítja. Anyanyelvünkben

.. a balkezesekeket
sújtó előítélet
meggyökeresedett az
európai nyelvekben

a jobb a jó középfoka, a bal rosszértelmű szóösszetételekben szerepel (baleset, baljós, balsejtelem, balsiker, balszerencse, kétbalkezes). Pedig a balkezesség nem jelent minőségi különbséget, hiszen sokan ügyes balkezüikkel szereztek hírt maguknak, pl. boxolók (Balsay Károly, Papp László), vívók (Elek Ilona, Gedóvári Imre, Nagy Tímea, Sákovicsné Dömölky Lídia), teniszezők (John McEnroe, Martina Navratilova, Szeles Mónika), nem is beszélve a kézi- vagy vízilabdázókról, ahol a balkezesség kimondottan adomány. Számos kiváló ember volt balkezes (Beethoven, Dürer,

Goethe, da Vinci, Michelangelo, Petőfi, Picasso, Raffaello), akik nem tarthatók sutának. Inkább az agyféltekék dominanciája a meghatározó.

A nyelvi előítélet nincs másként számos európai nyelvben sem, ahol a jobb értelem nemcsak a jóval de az igazzal, sőt a joggal társul (angol right, német recht/Recht, francia droit, szláv nyelvekben prav). A latin sinister/sinistrum már Vergiliusnál (i.e. 70 –

i.e. 19) is rossz, gonosz, helytelen értelemben szerepel.

De anyanyelvünk elfogulatlanságára is találunk példát. A féllábon ugrál, vagy félkézzel dolgozik kifejezésekből nem derül ki, hogy melyik kéz, vagy láb értendő. Vagyis, csak mindkettő ad teljes egészet.

Kiralitás a képzőművészetben

Nem véletlen tehát, hogy a művészek is iga-



A Titok



Katedrális

JOBB ÉS BAL LATOR

Az első újszövetségi utalás a jobb és bal megkülönböztetésére Lukács evangéliuma (Kr.u. 80): a Jézus kereszttétől jobbra megfeszített lator megtért. A korábbi evangéliumok: Máté (Kr.u. 50-es évek) és Márk (Kr.u. 65-70) szerint azonban mindkét lator gyalázta Jézust ((Mt 27,44, és Mk 15,32b).

Az apostoli hitvallás Tertullianus-ig nyúlik vissza (i.sz. 220)
Symbolum Apostolorum: . . . tertia die resurrexit a mortuis: ascendit ad caelos, sedet ad dexteram Dei

Patris omnipotentis; inde venturus est judicare vivos et mortuos . . .
HISZEKEGY: . . . harmadnapon feltámadt a halottak közül; fölment a mennybe, ül a mindenható Atyaisten jobbján; onnan jön el ítélni élőket és holtakat . . .

Az utolsó ítéletről Celanoi Tamás versel (1228):

Dies irae:
Inter oves locum praesta,
Et ab haedis me sequestra,
Statuens in parte dextra.

Báranyaid közt helyezz el,
bakok közé ne rekessz el:
jobbod felől várjon kész hely!
Babits Mihály fordítása

freskót összehasonlítjuk tükörképével, ahol inkább azt érezzük, hogy a Teremtő ereszkedik le az emberhez.

De vajon miért érezzük így? Nemde azért, mert balról jobbra olvasunk és a képeket is önkéntelenül balról jobbra nézzük. Itt most álljunk meg egy szóra! Az Ószövetség eredeti nyelve héber, amit jobbról balra írnak:

Jeruzsálem



ירושלים



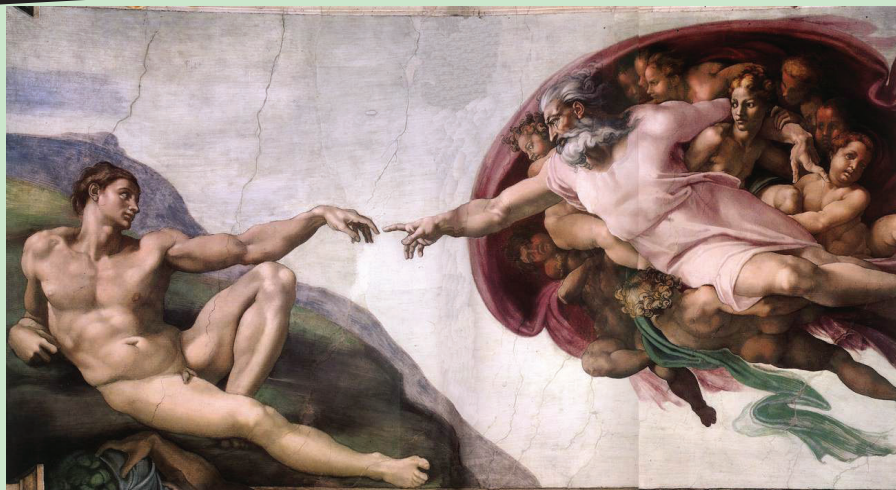
zodtak az előítéletekhez. Rodin (1840-1917) szobrain az isteni jobbkez formál agyagból emberi testet, míg az ördög balkezével keríti az embert hatalmába.

De Rodin a kezekkel emberi közösséget is kifejez. A Titok valami (egy hasáb), amit két jobbkez fog közre, tehát nem egy ember titkáról van szó. Hasonlóképpen, a Katedrális két jobbkez ujjából képez gótikus bordák által határolt teret, azt sugallva, hogy az emberi összefogás nagy alkotást hozhat létre.

A jobb és bal megkülönböztetése már az ókorban bekerült a liturgiába.

Ennek megfelelően a kezek használata Michelangelo (1475-1564) művészetében is jelentős szerepet játszik. A Sixtus-Kápolna 1537-1541 között festett oltárképén Krisztus felemelt jobbkezevel hirdet utolsó ítéletet: jobbán az üdvözültek emelkednek a mennybe, balján a kárhozottak süllyednek le a pokolba.

Michelangelo 1508-1512 között festette meg a Sixtus-Kápolna mennyezetét, melynek egyik legünnepeltebb freskója az Ember Teremtése. Ezen az Úr jobbkezét nyújtja Ádám felé, aki baljával fogadja a két mutatóujj között átugró élet szikráját. A festményen nemcsak a teremtő jobbkez és az élettelen balkéz dominál, hanem az is, hogy Ádám miután életet kap, Istenhez emelkedik. Tisztán érzékelhetjük ezt, ha a



Az Ember Teremtése

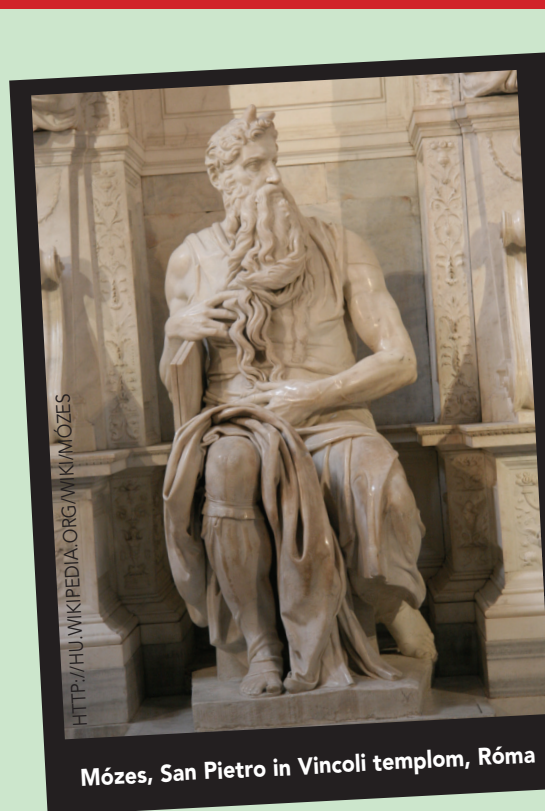


Az Ember Teremtése: tükörkép

HTTP://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/7/73/GOD2-SISTINE_CHAPEL.PNG



Az Utolsó Ítélet



Mózes, San Pietro in Vincoli templom, Róma

Jeromos fordítása révén kerültek Mózes fejére.

De szóljunk röviden a parancsolatokról, a művészetek szempontjából különösen kritikus 2. parancsolatról, amely így szól: Ne csinálj magadnak faragott képet! A tiltás az egyistenhit erősítése és a bálványimádás tilalma. Ahogy Jeremiás próféta (Kr.e. 7-6. sz.) mondja: „Ne legyenek néked idegen isteneid élőlöttem, ne imádd és ne tiszteld azokat. Sem semmi hasonlót, amit a földön, az égben vagy a vizekben láatsz.” (Jer 44,17-18). A 2. parancsolatot hosszú ideig különféleképpen értelmezték. Szt Ágoston (354-430) eltörölte és a tizedikből kettőt csinált. Ezt a katolikus egyház elfogadta, így a Ne ölj! parancsolat a 6. helyről az 5-re jött előre. II. Leó pápa 726-ban úgy vélekedett, hogy a festők kezét le kellene vágni. III. Gergely a nyolcadik század első felében betiltotta a képrombolást. I. Szt Gergely már a hatodik század második felében a vallásos tárgyú képeket és szobrokat az írástudatlanok Bibliájának nevezte. Az ő hatására jött létre a szegények bibliája, a Biblia Pauperum, csupa képből, hogy az írástudatlanok hitét erősítse.

A reformáció (XVI. század) visszatért a mózesi parancsolatokhoz és templomaiból

Vajon Michelangelo, aki ószövetségi jele-
netekkel festette tele a Sixtus-Kápolna
mennyezetét, ismerte-e a héber nyelvet?
Feltehetően nem. Amit biztosan állítha-
tunk: Mózesről készített szobrát nem a
héber nyelvű bibliaszöveg alapján mintázta
meg.

Mózes az isteni parancsolatokkal vissza-
térve a földre haraggal nézi az aranyborjút
imádó népét. A héber Ószövetség szerint
Mózes arca sugárzott (a héber szó: **קָרַן**
keren, Exodus 34:29-30). A keren szónak

több jelentése van: sugár/sugárzás, sarok,
alapvetés és szarv.

A héber Ószövetséget Szt. Jeromos
() Eusebius
Sophronius Hieronymus 347-420) fordí-
totta latinra. Jeromos tudós ember volt és
az Ószövetség görög fordításából
(Septuaginta) számos részletet latinra for-
dított már, amikor Kr.u. 390-ben
Jeruzsálembe ment, hogy héber tudását
tökéletesítse. Munkáját 405-ben fejezte
be. Így a szarvak valószínűleg Szt.



Domenico Ghirlandaio: Szt Jeromos

számúzte a képi ábrázolásokat. A protestáns tízparancsolatban a Ne ölj! ismét a 6. parancsolat.

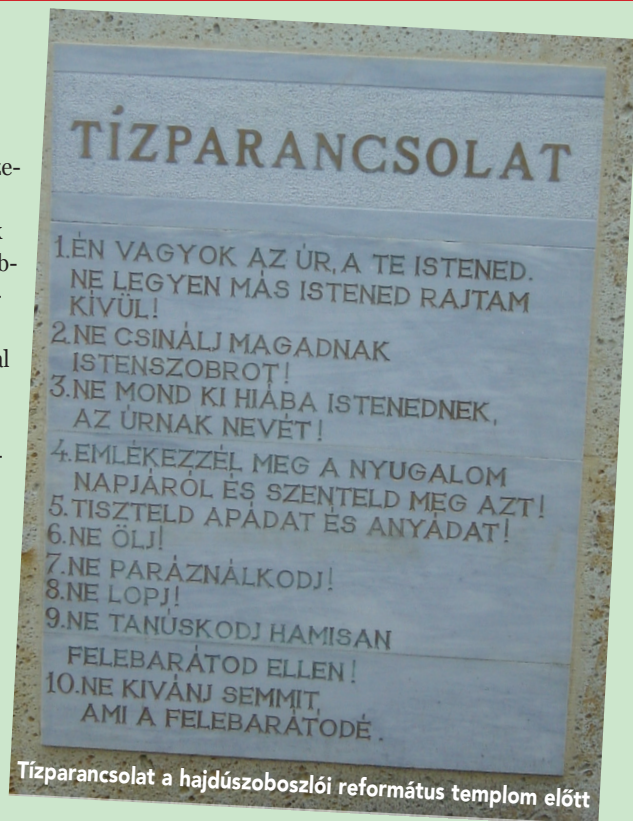
Ezért van az, hogy a protestáns templomok belső tere puritán, míg a katolikus templomok a képzőművészetek kiállítócsarnokai.

Kémiában a kiralítás szigorúan csak kétféle lehet, pozitív vagy negatív, jobbra- vagy balrafordító, amit egy polariméter - vélekedésünktől és érzelmeinktől függetlenül - olyan biztonsággal dönt el, hogy arra törvényszéki ítélet támaszkodhat. A társadalomban felmerülő problémák esetében többnyire nem lehet ennyire biztos válaszokat adni: a jelenségek színe és viszája között többnyire van tekintélyeket (érdekeket) követő közbülső eset (kompromisszum), ami a molekulák enantiomerjei között lehetetlen.

Talán ez a legnagyobb különbség a természet- és társadalomtudományok között.

Simonyi Miklós

Köszönet illeti Mayer Istvánt az ókori források felkutatásáért



Tízparancsolat a hajdúszoboszlói református templom előtt

Szt Ágoston

Jeremiás próféta a Sixtus-kápolna mennyezetén



*További olvasnivalók

1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/med.2610040304/abstract>
2. http://adisonline.com/drugs/Abstract/1985/30040/Importance_of_Drug_Enantiomers_in_Clinical.3.aspx
3. <http://www.nature.com/clpt/journal/v42/n4/pdf/clpt1987163a.pdf>
4. <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8023/8023chiral.html>
5. <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8118/8118chiral.html>
6. <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8118/8118chiral2.html>
7. H. Caner, E. Groner, L. Levy, I. Agranat: Drug Discovery Today, 2004, 9, 105-110.
8. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13596446>
9. <http://www.piar.hu/pazmany/k245.htm>
10. http://monostori.extra.hu/text/Dies_iraе.htm

FONTOSABB ÉVFORDULÓK A KÉMIÁBAN

100 ÉVE: 1911.



Ebben az évben született **Norman George Heatley** (1911–2004), brit biokémikus. Tagja annak az oxfordi kutatócsoportnak, akik bizonyították a penicillin gyógyhatását és megalapozták ipari méretű előállítását. A penicillin széles körben használt antibiotikum, melyet Gram-pozitív baktériumok által okozott fertőzéseknél alkalmaznak. (1, 2, 3).



Ebben az évben született **Feodor Felix Konrad Lynen** (1911–1979) német biokémikus. Az élő sejt intermedier-anyagcseréjével foglalkozott, kimutatta a koenzim-A acetilézését. 1964-ben **Konrad Bloch**-kal megosztva orvostudományi Nobel-díjat kapott „a koleszterin és a zsírsavak anyagcserében játszott szerepének kutatásáért” (2, 4, 5).



MARIE CURIE (1867–1934) lengyel származású francia fizikus és kémikus, a radioaktivitás úttörő kutatója kémiai Nobel-díjban részesült „a rádium és a polónium felfedezéséért, a rádium izolálásáért, tulajdonságai és vegyületei elemzéséért”. (2, 5, 6)



Wilhelm Wien (1864–1928) német fizikus „a hőmérsékleti sugárzással kapcsolatos felfedezéseiről” fizikai Nobel-díjat kapott (2, 5).



Elhunyt **Kalocsinszky Sándor** (1857–1911) kémikus, geokémikus, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja. Kőszén- és agyagelőfordulások teleptani feltáráásával foglalkozott. Nevéhez fűződik a helioterm jelenség magyarázata, melyet az erdélyi sós tavak felmelegedésének vizsgálatakor figyelt meg (2, 4).

75 ÉVE: 1936.

Ebben az évben született **Robert Woodrow**



Wilson (1936–) amerikai fizikus. 1978-ban **Arno Allan Penzias**-sal megosztott fizikai Nobel-díjban részesült a mikrohullámú háttér-sugárzás felfedezéséért (2, 5).

Peter Joseph William Debye (1884–1966) holland fizikai kémikus, kémiai Nobel-díjban részesült „a molekulaszervezet vizsgálatáért különös tekintettel a dipólusmomentum fogalmának alkalmazásáért és röntgendiffrakciós kutatásaiért” (2, 4, 5, 7).

Elhunyt **Ilosvay Lajos** (1851–1936) kémikus, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia tagja, később alelnöke. Az első magyar nyelvű szerves kémiai könyv szerzője. Kimutatta, hogy a levegőben a villámlás hatására nitrogén-oxidok keletkeznek. Felfedezte az első ionspecifikus kémszert, a nitritionok kimutatására használt Griess-Ilosvay-reagenst (8, 9).

Sir Henry Hallett Dale (1875–1968), angol farmakológus és **Otto Loewi** (1873–1961), német farmakológus megosztott orvostudományi Nobel díjban részesülnek „az ideingerületek kémiai átvitelével kapcsolatos kutatásaiért” (2, 5).

50 ÉVE: 1961.



Elhunyt **Erwin Schrödinger** (1887–1961) osztrák fizikus, a kvantummechanika egyik atyja. 1933-ban **Paul Dirac** fizikussal megosztott kémiai Nobel-díjban részesültek „az atomelmélet új hatékony formáinak felfedezéséért” (2, 5).



Melvin Ellis Calvin (1911–1997) amerikai biokémikus kémiai Nobel-díjban részesül „radioaktív C-14 izotóp alkalmazásáért a növények szén-dioxid felvételének vizsgálatára” (2, 5, 10).



25 ÉVE: 1986.



Dudley Robert Herschbach (1932–),

Yuan Tseh Lee (1936–), és **JOHN CHARLES POLANYI** (Polányi János Károly) (1929–) megosztott kémiai Nobel-díjban részesültek „elemi kémiai reakciók dinamikájának kutatásáért” (2, 5).

Ernst Ruska (1906–1988) „az elektronoptikában végzett alapvető munkájáért, és az első elektronmikroszkóp megépítéséért”, **Gerd Binnig** (1947–) és **Heinrich Rohrer** (1933–) megosztott fizikai Nobel-díjat kaptak „a pásztázó alagútmikroszkóp kivitelezéséért” (2, 5).



Elhunyt **Szent-Györgyi Albert** (1893–1986) orvos, biokémikus. Izolálta a C-vitamint és a P-vitamint, jelentős szerepet játszott a citrát-kör felfedezésében. Elnyerte az 1937-es orvostudományi Nobel-díjat „a biológiai égfolyamatok, különösképpen a C-vitamin és a fumársavkatalízis szerepének terén tett felfedezéseiről” (2, 11, 12).

Tunyogi Tünde



Hivatkozások:

1. www.udel.edu/chem/white/C647
2. hu.wikipedia.org
3. www.freebase.com/view/en/biologist/-/people
4. www.kfki.hu/physics/historia
5. nobelprize.org
6. www.rsc.org/Chemsoc/VisualElements
7. th.physik.uni-frankfurt.de
8. www.kfki.hu/chemonet/hun/mvm/arc/ilosvay
9. www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/2001
10. sciencematters.berkeley.edu/archives/volume2
11. www.kfki.hu/chemonet/hun/mvm/arc/szentgy
12. www.chemistryexplained.com/St-Te



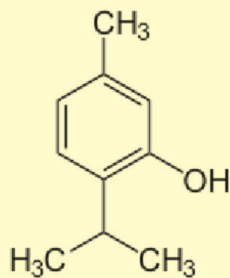
A KAKUKKFŰ

Napjainkban kedvelt és elterjedt gyógy- és fűszernövény a kakukkfű. Antibakteriális hatása van, erősíti az immunrendszert, gombaölő, fertőzés-gátló. Emellett szélhajtó és görcsoldó hatása ezért gyomor- és bélpanaszok esetén is alkalmazzák. A kakukkfűvet jó eredménnyel alkalmazzák köhögés és hörghurut esetén, asztmánál és különösen az olyan száraz, görcsös köhögéseknél, mint a szármásköhögés. Leveleiből élénkítő tea készíthető.

A kakukkfű az ajakos virágúak családjába tartozik. Az egész növény erősen aromás illatú. Alacsony örökzöld félcserje, a napsütést kedveli. Virága piros, valamint az egész füve jószagú. 40-100 faja ismeretes, hazánkban mintegy 30 fordul elő. Dörzsölve kellemes fűszerillatú, párolgó olaj lesz belőle. Óshazája a Földközi-tenger térsége, ott már az időszámítás előtti 3. évezredben ismerték mint gyógy- és fűszernövényt. Az abból az időből származó ékírásos szövegek tudósítanak arról, hogy a suméroknál, a mai Irak területén kakukkfűvet is természettek. A római katonák, mielőtt a csatába mentek, kakukkfűves fürdőt vettek, hogy növeljék bátorságukat, erejüket a harcban. Az egyiptomiak is jól ismerték, ők a balsamozásnál használták. A balsamos folyadékoknak ma is alkotó része a kakukkfű. Az illóolaj mellett, ami a kakukkfű fő hatóanyaga, cser- és keserűanyagokat is tartalmaz. Az ókori görögök is ismerték, fűszernek és orvosságnak is használták. A méh nagyon szereti, a híres hymettusi mézet virágjából gyűjti.

Teafőzet készítése: 1 púpozott teáskanálnyi kakukkfűvet leöntünk 1/4 liter forrásban lévő vízzel, rövid ideig állni hagyjuk. Egy telt fürdőhöz 200 gramm növény szükséges.

A kakukkfű fűszerként is nagyon egészséges. A zsírosabb sülték, a liba- és kacsa sült a kakukkfűvel ízletesebb és könnyebben emészthetővé válnak.



Timol

A kakukkfűolaj fő komponensei: a timol (41%) és a karvakról. A timol (2-izopropil-5-metilfenol) egy fenolszármazék ($C_{10}H_{14}O$), izomer a karvakrollal (5-izopropil-2-metilfenol).

Sok más illóolaj is tartalmaz timolt. Fehér kristályos anyag, kellemes aromával. A timolnak és karvakrollal baktericid, fungicid és antioxidáns hatása van. Irodalmi adatok szerint már 1 millimólos koncentrációban gátolja egyes baktériumok ATP termelő enzimrendszerét.

Az adenozin-trifoszfát, vagy közhasználatú rövidítésben az ATP, az élő sejtek legfontosabb energiaforrása. Az élő anyagban az ATP-molekula a táplálékból származó energia legfőbb raktározója, ill. szolgáltatója az életfolyamatok számára.

A timolt, vagy karvakrolt fogászati kezelése során is alkalmazzák. A fogtömések alá helyezve fertőtleníti a területet és a tömés alól lassan kiáramolva baktericid hatása miatt gátolja a szájban a baktériumok szaporodását. Állatok idegsejtjein végzett kísérletek bizonyították, hogy mind a timol mind a karvakról mikromólos koncentrációban a koffeinhez hasonlóan kalcium felszabadítást idéz elő a sejtek intracelluláris raktáraiból.

A fentiek mellett a kakukkfű tartalmaz: flavonoidokat, kávésvavat és rozmaringsavat is.

A flavonoidok a növényi metabolizmus másodlagos termékei, a növényi sejtekben alapvető védelmi funkciókat töltenek be. Antioxidáns, immunrendszert módosító, antikarcinogén (rákmegelőző) gyulladáscsökkentő, vírusellenes és baktériumellenes, májvédő, összességében egészségvédő hatásúak. Az összes flavonoid mennyiségét illetően a zöltségek közül a hagymafélék, a fehérrepa, a spenót, a zeller különböző részei és a

különböző lencsefajták bizonyultak a leggazdagabb forrásnak. A gyümölcsök közül jelentős flavonoidforrások a bogyósok, az olajos magvak közül pedig a dió tűnt ki nagyon jelentős flavonoidtartalommal.

A kávésvav ($C_9H_8O_4$ ld. Növényi eredetű gyógyszerek c. cikket ebben a számban) egy természetes fenolos antioxidáns vegyület mely számos gyümölcsben, zöltségben és növényben előfordul, többek között a kávéban is. A rozmaringsav az orvosi zsálya egyik hatóanyaga. Gyulladáscsökkentő hatása van, a gyulladás kiváltásában résztvevő enzimek működését gátolja.

A karvakrol az *Origanum hirtum* - illóolajában található nagy mennyiségben. Ezen kívül előfordul még a bergamottolajban is.

Origánium, másnéven szurokfű, oregánó, a majoránna rokona, ezért vadmajoránának is nevezik. Élvelő, gyorsan terjed, folyamatosan lehet vágni. Levelei szőrösek. Paradicsomos ételek, rostonsült, illetve párolt zöltségek remek ízesítője.

Bergamottolaj Hígan folyó, aranysárga színű, citromhoz hasonló illatú, kesernyés folyadék, amelyet a bergamottcitromfa gyümölcséből sajtolnak

A szurokfű 2-5%-ban, az oregánóolaj 40-70%-ban tartalmazhat karvakrolt.

A kakukkfűből készült illóolaj az aromaterápia kedvelt komponense. Az illóolajos terápia, más néven az aromaterápia a nyolcvanas években terjedt el. Az illóolajok több vegyületből álló, folyékony halmazállapotú, 100%-ban illékony anyagok elegye.

Kakukkfűből készült tea terhesegeknek és epilepsziásoknak kontraindikált, pajzsmirigy-elégtelenségben szenvedőknek külsőleg sem ajánlott! Hosszabb ideig tartó, nagyobb adagokban történő használata ellenjavallt.

Kőszegi Lídia

NÖVÉNYI EREDETŰ GYÓGYSZEREK

A gyógynövények használata csaknem egyidős az emberiséggel. Ősidők óta ismeri az ember a természetben megbúvó gyógyító füveket, leveleket, gombákat, és alkalmazza a legkülönbözőbb betegségek gyógyítására. A tapasztalati úton elsajátított, szájról szájra átörökített gyógynövény-hagyomány jelentősége Európában mára sokat veszített jelentőségéből, a világ fejlődő részein azonban ma is döntő szerepet játszik a lakosság gyógyításában. Afrikában, Latin-Amerikában és Ázsia jelentős részén az egyetlen gyógyító a helyi „füvesember”, akinek tudása ma is az empirián alapul.



anyag, a ricinolsav található. A ricinusmagban található ricinolsav a zsírsavak egyik ritkán előforduló képviselője, melynek nátriumsója fokozza a bélmozgásokat. Hasonlóan ősi szer az ópium, amit már az írott történelem előtti népek is ismertek. Hazája India, Pakisztán, Afganisztán, Nepál,

Irán ahol főként fájdalomcsillapításra, nyugtatóként és emésztési zavarokra használták. A XIX. század elején a mák volt az első növény, amelyből növényi alkaloidot vontak ki tiszta állapotban, az új anyagot morfinnak nevezték el (ld. A morfin története c. cikket a Kémiai Panoráma 4. számában). A morfin szerkezet- és hatásvizsgálata nélkül ma nem rendelkeznének alkalmas gyógyszerekkel a daganatos betegségekkel társuló súlyos fájdalmak csillapítására.

Az antik világban, Hippokratész (i. e. 460-377), a Corpus Hippocratiumban több mint 200 gyógynövényt írt le, Arisztotelész (i. e. 384-322) szintén készített gyógynövényeket tartal-

A gyógynövény-készítmények alkalmazása évszázadokon át a betegségek gyógyításának, kezelésének csaknem egyetlen módját jelentette

mazó könyvet, Marcus Aurelius császár elismert orvosa, Claudius Galenus (i.sz. 129-199) pedig többkötetes gyógynövény könyveket írt. Az ókor egyik legértékesebb munkája Dioszkoridész Pedanosz (i. sz. 40-90) nevéhez fűződik, ő rendszerezte a gyógynövényeket, olajokat és az ásványi gyógyszereket. Az ókor gyógyhatású szereit túlnyomórészt növényi eredetűek voltak, a kenőcsöket és gyógyszereket főleg fokhagymából, rozmaringból, édesköményből



Corpus Hippocraticum Ebers papyrus

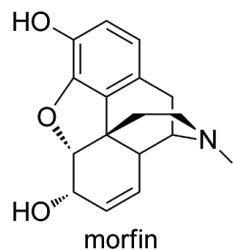
növényekből állították elő.

más

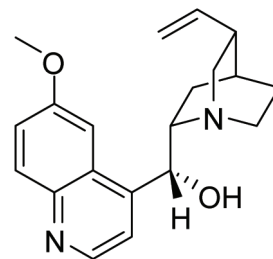
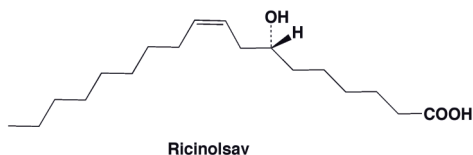
Középkor

A középkorban a betegeket kitalították a társadalomból, mert a betegséget Isten büntetésének tartották. A gyógyítás általában kolostorokban zajlott szerzetesek és apácák irányításával. Ők voltak azok, akik a kolostorok kertjeiben gyógynövényeket termesztettek és feljegyzéseket készítettek a növényekről. A gyógynövénykincs folyamatosan fejlődött, alakult, de az ókorban használt növények nagy része feledésbe merült. A középkor egyik legdrágább és legkeresettebb gyógyszere a Dél-Amerikában és Jáván honos kína (Cinchona succirubra) kérgéből előállított kinin volt, melyet a spanyol hódítók a maláriától borított Peruban fedeztek fel (ld. A kinin c. cikket a Kémiai Panoráma 1. számában). Csodaszerként kezelték, ez volt

A történelem folyamán először az ókori birodalmakban örökítették meg írásos formában a felgyülemelő tudást, Egyiptomban, Mezopotámiában, és a Távol-Keleten több összetevőből álló recepteket hagytak az utókorra. A legősibb hashajtó szer a ricinusolaj, amit a múmia lábai között megtaláltak óegyiptomi Ebers papirusz már említi több száz gyógynövény



mellett. A ricinusolaj majdnem színtelen, sűrű, és rosszul szívódik fel, benne a bél belső falát izgató





HTTP://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG



Ginkgo Biloba



Ginkgo levél

évszázadokig a malária egyetlen hatásos orvossága. Bár a fertőző betegségek okát még nem tudták gyógyítani, a kininnel a malária egyik legveszélyesebb tünetét, a magas lázat csillapítani lehetett. Európában, ahol a klíma miatt ritkábban fordult elő a malária, általános lázcsillapító hatása miatt keresték.

Újkor

Az újkor kezdetén, a felvilágosodást követően egyre több misztikus gyógynövény-alkalmazás létjogosultságát vonták kétségbe a kor racionálisan gondolkodó kutatói. De a XX. század technikai forradalmainak hatására, utólag sok ókori és középkori csodaszerről kiderült, hogy hatása valóságos, és magyarázható.

A ginkgofélék családjának egyetlen faja létezik, a Ginkgo Biloba. A földtörténeti középkorból származó páfrányfenyő a növényvilág legősibb, kb. 150 millió éves faja. Távol-Keleten szent faként tisztelik, évszázadokon át a kolostorok kertjében nőtt. A növény első részletes leírása Li Si-Csen XVI. században megjelent Gyógyszereskönyv című művében található, a szerző a páfrányfenyőt az „agy jótévőjének” nevezte, a tüdő hurutos betegségeire, a gyomor-bél hurut és a bélférgesség kezelésére ajánlotta. A páfrányfenyő a nyugati gyógyászatba az 1950-es években került be, amikor Wilmar Schwabe orvos és botanikus a ginkgo leveleinek kivonatát vizsgálta. A páfrányfenyőlevelek

farmakológiailag aktív flavonoidokat (kvercetin, kempferolt), terpenoidokat (diterpén- és szeszkviterpén-laktonok) és csak erre a növényre jellemző ginkgolidokat tartalmaznak.

1965-ben került piacra az első ginkgo-tartalmú készítmény, a Tebonin®. A páfrányfenyő jó hatással van a vérkeringésre: értágulatot okoz, ezáltal számos szerv (pl. az agy) vérellátását javítja, növeli a szervek oxigénellátását, segítve azok működését. Gátolja a vérrögök kialakulását, és antioxidáns hatással is rendelkezik, védi sejtjeiket a káros szabad-gyökök hatásától.

Egyes vizsgálatok azt is mutatták, hogy a belső fül vérellátásának javítása révén drámai javulás érhető el a szédülés, fülcsengetés, fülzúgás miatt panaszokodó betegeknél. A ginkgofa diója kitűnő köptető, asztmás és allergiás betegeknek nyújt a panaszokra enyhülést. E.J. Corey (Harvard Egyetem) előállított egy szintetikus vegyületet (ginkgolid B), amely ígéretes lehet szervátültetési betegek kezelésében, valamint az asztma és toxikus sokk elleni gyógyszerkutatásban. A felsorolt hatásoknak köszönhetően a ginkgo-kivonatokat vagy hatóanyagokat tartalmazó készítményeket többféle betegség megelőzésében és kezelésében használják (agy keringési zavarok, vasculáris- és Alzheimer-kór által okozott dementia, halláscsökkenés, periferiás arteriás keringési zavarok). Több, mint 280 tanulmány bizonyítja, hogy a ginkgo kivonat segít a szorongáson és a depresszióon is.

Aloe Vera

Az Aloe Barbadensis néven ismert, Afrikából származó liliumfa család tagja az

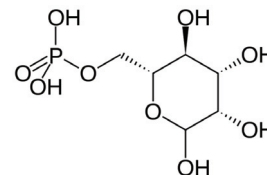
Aloe Vera története a bibliai időkig nyúlik vissza. A friss levélből kiperéselt levet használták fel a gyógyításban. Az ókori Keleten néma gyógyítónak nevezték, Indiában a titkos gyógynövények között tartották számon. Egyiptomban a fáraók a hosszú élet elixírjének tartották, a papok a halhatatlanság növényeként a bebalzsamozás részeként temetkezési rítusoknál használták.

Bár az aloe gélt tartalmazó készítmé-



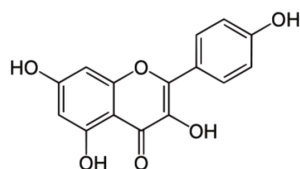
Aloe Vera

mannóz-6-foszfát

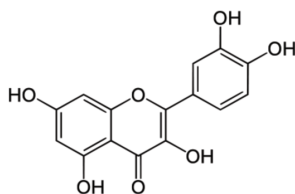


nyek csak pár évtizede jelentek meg, az Aloe ma már feltehetőleg a legnépszerűbb, legnagyobb forgalmú gyógynövények közé tartozik. Az Aloe fajok szárított tejnedve, az aloe, jelentős mennyiségű antrakinon-származékot tartalmaz, s emiatt a drasztikus hashajtók közé tartozik. A vegyületcsoport tagjainak hatása több támadásponton keresztül alakul ki: megakadályozzák a nátrium és víz felszívódását, a bélnyákahártya receptorainak izgatásával fokozzák a vastagbél motilitását, lerövidítik a tranzitidőt.

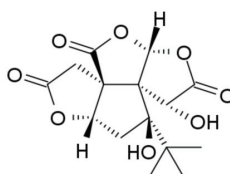
Az aloe gél kristálytisztá, sűrűn folyó, glükomannon szerkezetű poliszacharid szol-gél. Az Aloe Vera nedvéből fagyaszttva szárítás útján nyert acemannán, amely a glükomannonok közül kiemelkedik immunstimuláns aktivitásával, Carrisy® szabadalmaztatott néven forgalomban van. A poliszacharid-tartalmú gél elsősorban bőrgyógyászati panaszok kezelésében lehet hatásos, legalábbis erre utalnak az



kempferol



kvercetin



egy ginkgolid: bilobalid

eddig rendelkezésre álló eredmények. A tradicionális, külsőleges felhasználást alátámasztó első tudományos közlés az 1930-as években született arról, hogy az aloe gél gyorsította a röntgensugarak okozta sebek gyógyulását. A helyileg alkalmazott gél számos modern állatkísérletben (sugárkezelés következtében kialakult sebek, égési és fagyási sérülések gyomor-bélrendszeri fekélyek, bőrsérülések modellek) gyorsította a sérülések gyógyulását. A hatásban kulcsszerepe van a gélben megtalálható mannóz-6-foszfátnak, amely a fibroblasztok felszínén található növekedési faktor receptorokhoz kapcsolódva aktiválja azokat, ezáltal fokozódik a proteoglikán- és kollagénszintézis. Az aloe poliszacharidjainak, immunstimuláns, glikoproteinjeinek gyulladáscsökkentő aktivitását is dokumentálták — ezek szintén szoros összefüggésben vannak a sebgyógyító hatással. Az Egyesült Államokban számtalan kutatás folyik ma már az Aloe Vera gyógyhatásainak igazolására.

Bizonyítást nyert például a feltevés, hogy az Aloe Vera-diétán tartott egerek egészségesebbek és hosszabb életkort élnek meg, mint társaik. A növény egészségre gyakorolt jótéteményei azonban összetettek, így vélhetően még sok időre van szükség ahhoz, hogy a tudományos kutatások elkülönítsenek és azonosítsanak minden, az aloében rejlő gyógyító potenciált.

A vörösbor

A bor az ókortól egészen a XX. század elejéig a gyógyászat része volt, azonban szerepe folyamatosan változott. Az ókorban állítólagos gyógyhatásai miatt és gyógyszeresegédanyagként, a múlt században viszont már csak kizárólag oldószerként, kivonószerként alkalmazták.

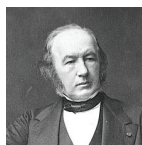
A vörösborfogyasztás kedvező kardiolo-

giai következményeiről szóló első cikkek kb. 30 évvel ezelőtt jelentek meg a szakirodalomban. Eddigi ismereteink alapján a vörösbor kardioprotektív tulajdonsága három jelentős folyamaton keresztül juthat érvényre: antioxidáns hatás, a trombocita aggregáció gátlása és értágító hatás. Az 1980-90-es években az antioxidáns vegyületek kutatása rendkívül intenzívvé vált, ez szintén hozzájárult ahhoz, hogy a vörösbor is az érdeklődés középpontjába került. A legjelentősebb antioxidáns hatással a bor polifenoljai közül a katechusav és a kávésav bír. További kedvező hatás, hogy a vörösbor polifenol-frakciója növeli a vér HDL-koncentrációját, fokozza az alkohol ugyanilyen irányú hatását. A polifenol-frakció



Vadászat kurárával bekent nyílveszőkkel

Claude Bernard

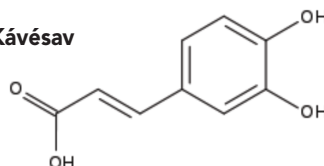


egyéb tagjai (rezveratrol, kvercetin) fokozza a koszorúerek és az artériák relaxációját, aminek következménye a vérnyomás csökkenése és a szívizom jobb vérellátása. A rezveratrol továbbá a tumorelles hatást szempontjából a vörösbor legintenzívebben kutatott anyaga.

Modern farmakológia

A gyógynövény-készítmények alkalmazása évszázadokon át a betegségek gyógyításának, kezelésének csaknem egyetlen módját jelentette. A gyógyszeres terápia tudományos alapjának megteremtése Claude Bernard (1813-1878) nevéhez fűződik, aki

Kávésav



Piros gyűszűvirág (Digitalis purpurea)



Gyapjas gyűszűvirág (Digitalis lanata)

az Amazonas vidékén használt, Strychnos-fajok nedvéből készült bénító nyílméreg, a kuráré hatásmechanizmusának felderítése során elvégezte az első pontos farmakológiai analízist, és ezzel lefektette az experimentális farmakológia alapköveit.

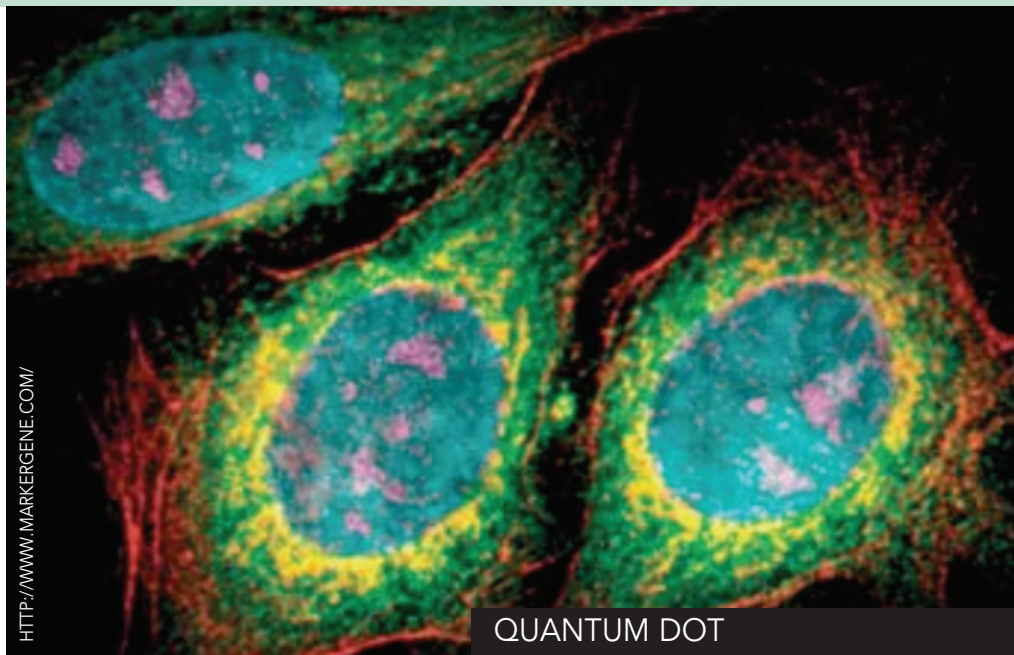
A növényi szerek egyeduralma a XX. század elejéig, a modern szintetikus gyógyszer-gyártás kialakulásáig tartott. A szintetikus gyógyszerek gyártásának hőskorában nagy jelentőséget tulajdonítottak a tiszta hatóanyagoknak, amelyekkel kiváltható és megmagyarázható a terápiás hatás, így a növényi készítmények körében a kivonatok, gyógyteák jelentősége csökkent, helyüket részben átvették a tiszta növényi hatóanyagokat tartalmazó modern gyógyszerek. Így például a piros gyűszűvirág (Digitalis purpurea) és gyapjas gyűszűvirág (Digitalis lanata) leveléből kinyert digitálisz-glikozidok továbbra is a terápia sarokköveinek számítottak.

A gyűszűvirág fajok porított leveleinek gyógyászati alkalmazása az ókori Egyiptomig nyúlik vissza, és egyebek között szívgyengeség és „vízbetegség“ (ödéma) gyógyítására használták. Az első írásos említés walesi forrásokból az 1200-as évekből származik, de a növényi drog célzott, szívelégtelenség kezelésére történő felhasználása csak a XVIII. század végén kezdődött, amikor orvosilag is pontosan dokumentálták a hatást. A XIX. század végén sikerült kristályos formában kinyerni a fő glikozidot, a digitoxint. Bár a



szívglükozidok terápiás jelentősége napjainkban már csökkent, több mint száz éven át szinte az egyetlen lehetőséget jelentették a szívelégtelenségben szenvedők kezelésére.

A XX. században a kemoterápia alapjainak lerakása és az antibakteriális terápia kibontakozása mérőköveknek számítottak. Rendkívüli jelentőségű volt a penicillin felfedezése, amit antibakteriális szerként először csak a II. világháború végén alkalmaztak. A szer eredményesen használható szifilisz, gonorrhoea, skarlát és diftéria kezelésére, valamint bizonyos ízületi gyulladások, hörghurut, agyhártyagyulladás, vérmérgezés, kelések, csontfertőzések, tüdőgyulladás, fekély és még sok



QUANTUM DOT

Így nevezik az A.I. Ekimov orosz szilárdtest fizikus által az 1980-as években felfedezett félvezető nanokristályt, amit először tranzisztorokban, napelemekben és lézerekben tanulmányoztak. Méretével függ össze, hogy milyen nagy energiával gerjeszthető, ill. milyen színű fényt sugároz, amikor alapállapotába tér vissza. A leadott energia a részecske méretének változtatásával hangolható. Biológiai alkalmazása elsősorban sejtekről történő képalkotás miatt jelentős, mert lehetővé teszi a sejtek vándorlásának észlelését számos területen, pl. az embrio fejlődésében, a rák áttétek diagnosztikájában, az őssejtekkel való kezelésben, a limfociták immunológiai funkciójában.

Tumorellenes szerek

Számos növényi vegyület sikerét nem évszázados tapasztalatok alapozták meg, hanem az elmúlt évtizedek gyógyszerkutatásának eredményeként váltak gyógyszerekké. Ezek közé tartoznak a rózsameténg (*Catharanthus roseus*) alkaloidjai, a vinkrisztin és a vinblasztin. Az 1950-es évek végén fedezték fel, hogy a *C. roseus* levelének e két extraktuma hatékony különböző típusú leukémiák kezelésében.

A legsikeresebb daganatellenes növényi molekula, a taxol, egy bonyolult szerkezetű növényi vegyület, amit a tiszafa (*Taxus brevifolia*) kérgéből izoláltak először. A

tiszafa mérgező voltát i.e. 51-ben Julius Cesar említi egyik művében; egy szolgálója a tiszafa kérgéből főzött teával lett öngyilkos. Észak-Amerikában egyes indián törzsek a fakérget fertőtlenítő anyagnak, valamint abortusz előidőzésére és bőrdaganatok kezelésére használták. Az 1960-as években Amerikában figyeltek fel arra, hogy a tiszafa kérgének kivonata nagyon jelentős citotoxikus hatást fejt ki, a kivonatból azonosították a hatásért felelős vegyületet, a taxolt, és 1979-ben S.B. Horwitz és munkatársai felfedezték a szer hatásmechanizmusát is. Rájöttek, hogy a

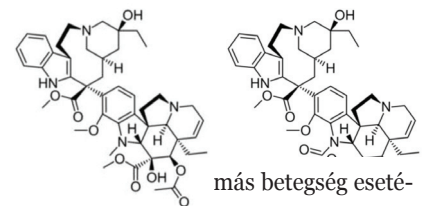
többi tubulinmérgeggel ellentétben a taxol nem a tubulin mikrotubulusokká történő polimerizációját, hanem a mikrotubulusok felbomlását gátolja meg, és ezzel a gyorsan szaporodó sejtek (pl. ráksejtek) térnyerését visszaszorítja. A taxolt (paclitaxel) ovariumcarcinomán kívül antraciklin-rezisztens mellrák kezelésére és egyes fejnyaki, urogenitális és tüdőcarcinomákban is alkalmazzák.

Manapság már a molekulák bővületében él az orvostudomány. Gyógyszer-kísérletek ezrei indulnak minden hónapban, emberek milliói várnak egy-egy reményteli terápiára, és a gyógyszercégek elképesztő mennyiségű pénzt fordítanak a kutatásokra. A legújabb daganatsejt elleni célzott terápiák, vagy a diagnosztikában és terápiában is úttörő quantum dot-ok példái

Catharanthus roseus

Taxus brevifolia

más betegség eseté-



vinblasztin ($C_{46}H_{58}N_4O_9$) vinkrisztin ($C_{46}H_{56}N_4O_{10}$) taxol ($C_{47}H_{51}NO_{14}$)

ben is.

A nem szteroid gyulladáscsökkentők története is egy növény, a fűzfa (*Salix sp.*) kérgével kapcsolatos megfigyeléssel kezdődött. Mivel a drognak a kínakéreghez hasonló keserű íze volt, kipróbálták, hogy lázcsillapító hatásában is hasonló-e az egzotikus növényhez, és a tapasztalatok pozitívak voltak. Később kiderítették, hogy a hatóanyag egy glükozid, a szalicin, melyből a szervezetben szalicilsav szabadul fel (ld. az Aspirinről szóló írásunkat a Kémiai Panoráma 2. számában).



MAGYAR sikerek

2010 júliusában immár negyvenkettszere rendezték meg a Nemzetközi Kémiai Diákolimpiát. A verseny – melynek idén Tokió adott otthont – a kémia iránt érdeklődő, tehetséges középiskolások legnívósabb megmérettetése. A hosszú múltra visszatekintő rendezvény története itt, Közép-Európában kezdődött. Az első alkalommal – 1968-ban – Csehszlovákia, Lengyelország és Magyarország tanulói mérték össze tudásukat. Az idei évben 68 ország több mint 250 elhivatott diákja szállt versenybe Japán fővárosában az olimpiai érmekért.

A rendezvény nemcsak egy versenyzési lehetőséget, hanem találkozót, eszmecsere-t és kapcsolatok kiépítésének lehetőségét nyújtja a világ minden tájáról érkező fiataloknak. A versenyre az országok négyfős csapatokat küldenek, amelyekkel két kísérő és egy tudományos megfigyelő is utazik. A versenyen résztvevő négyfős csapat tagjai húsz évesnél nem lehetnek idősebbek, nem lehetnek egyetemi hallgatók és nem tanulhatnak kémiára specializálódott iskolában (azaz vegyipari szakközépiskolában).

Felkészülés és a csapat kiválasztása

Az eredményes diákolimpiai szerepléshez külön felkészítésben részesülnek a diákok, ugyanis az olimpiákon elvárt kémiai ismeretek meghaladják a középiskolában oktatott tananyagot. A felkészítő tábor résztvevőit a középiskolai versenyeredményeik (Országos

Középiskolai Tanulmányi Verseny, Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny, valamint a Középiskolai Kémiai Lapok levelezőversenye) alapján választják ki. 20-30 diák kezd meg a tábor első hetét, melynek során elméleti és gyakorlati ismeretekkel gazdagod-

A magyar versenyzők kiválóan teljesítettek és szépen csillogó érmeket – két aranyat és két ezüstöt –, valamint csapatban 6. helyet nyertek.

nak, valamint két darab ötórás versenydolgozatot írnak. A dolgozatok és laboratóriumi gyakorlatok eredménye alapján a második héten már csak a társaság fele – kb. 12-16 ember – vesz részt, akkor az első héthez hasonló módon folyik a felkészü-

lés és válogatás. A válogatás végén a négy legeredményesebb diáknak nyílik lehetősége, hogy képviselje hazánkat a nemzetközi versenyen. A felkészítést hagyományosan az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kémiai Intézete szervezi.

Az idei évi válogató táborának eredményeképpen a versenyre Najbauer Eszter Éva (Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma, Pécs, tanára: Mostbacher Éva), Somlyay Máté (ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium, Budapest, tanárai: Czédulás Katalin, Czírók Ede, Villányi Attila), Sveczer Attila (Eötvös József Gimnázium, Budapest, tanára: Dancsó Éva), Szigetvári Áron (Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorlóiskola, tanára: Albert Attila) utazhattak ki.

A verseny és a feladatok

Az olimpia során a diákok és a kísérők nem találkoznak egymással, csak a rendezvény elején, valamint a verseny lezajlása után. A diákok csapatai egy-egy helyi segítővel egészülnek ki, aki ismeri a pontos programot és vigyáz a csapat tagjaira. Idén a magyar csapat kísérője Asaka Seki volt. A megérkezés utáni napon a hivatalos megnyitó ünnepséggel kezdődik a diákolimpia. Az idei évben az olimpia elnöke a 2001-ben Nobel-díjat nyert professzor, Ryoji Noyori volt. Rajta kívül még a japán császár kisebbik fia is köszöntötte a világ minden tájáról érkező diákokat és kísérőiket.

A verseny hagyományosan két részből áll: egy laboratóriumi gyakorlatból, illetve egy

A magyar versenyzők és kísérőjük a záró fogadáson



A magyar csapat (balról-jobbra): Asaka Seki, Sveczer Attila, Varga Szilárd, Najbauer Eszter, Villányi Attila, Szigetvári Áron, Tarczay György, Somlyay Máté



Tokióban

elméleti részből. A pontok 40%-át az első, míg 60%-át a második rész adja. A versenyfeladatokat minden diák az anyanyelvén kapja meg, amelyeket a kísérők fordítanak le. Mind az elméleti, mind a gyakorlati rész elvégzéséhez öt-öt óra áll rendelkezésre.

Az idei évben a gyakorlati forduló három feladatból állt. Az első egy heterociklusos vegyület előállítása volt, a fogféhéritőként is ismert karbamid-hidrogénperoxid segítségével. A második feladat során vastartalmat kellett meghatározni ismeretlen mintában. Ehhez egy szerves vegyülettel színes komplexet képeztek vas(II)ionokat tartalmazó ismeretlen, illetve ismert koncentrációjú oldatokból és a színmélységek összehasonlításával becsülték meg az oldat vastartalmát. A harmadik feladat a polimerek világába kalauzolta versenyzőinket; ennek első részében egy poliszacharid savas csoportjainak mennyiségét kellett meghatározniuk, míg a második részben különböző polimerek oldatainak vizsgálatából kellett rájönniük, hogy milyen vegyületet kaptak a kémcsövekben.

A gyakorlat utáni napon a versenyzők kirándulást tettek Tokióban, eközben a kísérők az elméleti forduló feladatait fordították. Az elméleti rész kilenc feladatból

ÉLMÉNYBESZÁMOLÓ

Miért élveztem az olimpiát? Az előkészítő nagyon színvonalas volt, azóta sem tanultam olyan sokat olyan rövid időn belül. Japánban főleg az emberek mentalitása tetszett, lehetett érezni, hogy mindenki tiszteli a másikat. Általános benyomásként azt lehet mondani, hogy biztonságos és rendezett ország, nincsenek koldusok, szemét stb, és még a technikában is nagyon elől járunk.

Velünk eléggé sokat foglalkoztak, Asakaval szerencsénk volt. Rengeteg programra vittek el, nekem tetszett, hogy 10 napig sok kémikussal voltunk összezárva, és a szírektől kezdve a japánokig mindenkiel lehetett beszélgetni. A feladatok is tetszettek, érdekesek voltak, annak ellenére, hogy kicsit könnyűek. Egy nagyon jó barátot is szereztünk, Marcin már odafelé Bécsben mellénk szegődött, azóta már öten elmentünk Dunakilitire vizitúrán.

Somlyay Máté

Ryoji Noyori átadja az olimpia zászlaját a jövő évi török szervezőknek

ICHO A NETEN

A tokiói olimpiáról további részleteket a www.icho2010.org honlapon lehet olvasni. A magyar felkészítéssel kapcsolatos információk az olimpia.chem.elte.hu honlapon találhatóak.

állt. Az első a nemesgázok felfedezésével, illetve keletkezésükkel és tulajdonságaikkal foglalkozott. A második feladat az alkálifémek sóinak termokémiai problémáit és a mosószóda gyártását vizsgálta behatóbban. A harmadik egy, a környezetvédelem szempontjából fontos mérőszám, a vízben oldott oxigén mennyiségének meghatározását mutatta be. A negyedik példa mindennapjaink egy fontos részletével, a könnyű és hatékony áramtároló lítiumion-elemek kémiaiájával foglalkozott. Az ötödik egy nehezebb problémát tárgyalt, a hidrogén molekula kötési energiájának meghatározásával ismerkedhettek meg a versenyzők. A hatodik feladat az aromás szerves vegyületek klasszikus szerkezet-meghatározását szemléltette. A hetedik a híres gömbhal mérgegyanyagának szerkezetét, illetve kémiai tulajdonságait ismertette meg a feladatmegoldókkal. A nyolcadik a hétköznapiakban is lépten-nyomon megtalálható poliszterek és poliamidok világába nyújtott betekintést. Az utolsó feladatban pedig egy érdekes vegyületcsalád, az ún. ciklodextrinek viselkedésével és az NMR spektroszkópia alapjaival ismerkedtek a diákok.

Arany- és ezüstöső

Az elméleti forduló után a diákok és a kísérők újra találkoztak Yokohama egyik elegáns felhőkarcolójában, ahol megoszthatták egymással az olimpia addigi részeivel kapcsolatos

élményeiket. Másnap a tanárok és szervezők egymástól függetlenül kijavították a versenyfeladatokat és megvitatták az egyes diákok végleges pontszámát. Ezek után már csak az olimpia egyik legizgalmasabb része volt hátra: az eredményhirdetés. A díjak elosztása is különbözik a hagyományos olimpiáktól, itt ugyanis nem csak az első három helyezett kap érmet, hanem a versenyzők közül a legjobb 10% kap aranyérmet, az őket követő 20% (a 70-90% között teljesítők) ezüstöt, míg a további 30% (40-70% közöttiek) bronzérmet.

A magyar versenyzők kiválóan teljesítettek és szépen csillogó érmetek nyertek:

Najbauer Eszter Éva – aranyérem

Somlyay Máté – aranyérem

Sveiczler Attila – ezüstérem

Szigetvári Áron – ezüstérem

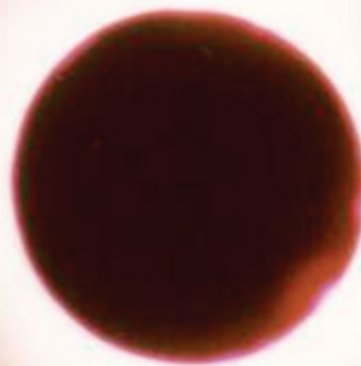
Ezzel a teljesítménnyel a nem hivatalos csapatversenyben Magyarország minden európai országot megelőzve 6. helyezést ért el. Minket csak Kína, Thaiföld, Dél-Korea, Japán és Tajvan előzött meg.

A csapat felkészítésében a következő oktatók és hallgatók vettek részt: Daru János, Kóczán György, Magyarfalvi Gábor, Nagy Péter, Sánta Zsuzsanna, Szabados Ágnes, Szabó András, Szabó Ákos, Szalay Roland, Tarczay György, Varga Imre, Varga Szilárd, Vörös Tamás, Zihné Perényi Katalin. A csapat kísérői Tarczay György, Varga Szilárd és

PLAZMATECHNOLÓGIA

A plazmatechnológia alkalmazása az iparban több évtizedes múlttra tekint vissza, ennek ellenére még a plazma fogalma sem tekinthető közismertnek, a hulladékkezelésben betöltött szerepe pedig szinte teljesen ismeretlen a nem szakemberek számára.

1. ábra A napkorona képe teljes napfogyatkozáskor (1999. aug. 11-én, Magyarországról, © Mohai Miklós)



A plazma fogalom alatt számos különböző tulajdonságú rendszert értünk. Maga az elnevezés Irving Langmuir amerikai fizikus nevéhez fűződik, aki a vér alakos elemeit szállító vérplazma analógiájára a töltött részecskéket tartalmazó gáznemű közeget plazmának nevezte el.

A plazma tehát az anyag olyan állapota, amelyben az anyag semleges részecskéi (atomok, molekulák), valamint ionok, gyökök és elektronok egyszerre, egymással kölcsönhatásban vannak jelen. Szokás az anyag 4. halmazállapotaként is nevezni, mivel tulajdonságai a szokásos szilárd/folyadék/gáz állapotokhoz képest nagyon eltérőek. Plazma alkotja az Univerzum atomos anyagának kb. 99 százalékát, de ezek megjelenése nagyon különböző lehet. A bolygóközi teret kitöltő plazma olyan híg, hogy benne a részecskék ütközése elhanyagolható. Ugyanakkor a csillagok belsejét olyan sűrű plazma alkotja, amelyen a magból kiinduló fotonok sokszori szóródás után, akár több tízezer év alatt képesek áthaladni.

Földünkön is megfigyelhetünk plazmaállapotot természeti jelenségek - sarki fény, vilámlás - során, és mesterséges környezetünkben is használjuk előnyeit, pl. amikor lángot

gyújtunk, vagy felkapcsoljuk a fénycsövet az irodában.

A plazma tehát lényegében gerjesztett molekulákból, atomokból, ionokból, továbbá elektronokból és protonokból álló, ionizált gázelegy. A plazmák ugyanakkor a környezet felé elektromosan semlegesek. Két fő típusukat a meleg (termikus) plazmák, valamint a

A plazmatechnológia alkalmas az anyagok lebontására, átalakítására, hasznosítható termékek létrehozására, és mindezt igen alacsony emissziós értékek mellett.

hideg (nem-termikus) plazmák alkotják. A termikus plazmák helyi termodinamikai egyensúlyban vannak. Bennük az elektronok és a nehéz részecskék igen magas, jóval 1000°C feletti közel azonos hőmérsékletűek. A termikus plazmák energiatartalma sokkal nagyobb a szokásos állapotú gázokénál, emiatt különösen alkalmasak anyagok átalakítá-

sára. A hideg plazmák távol vannak a termodinamikai egyensúlytól. Energiatartalmukat főként az elektronok hordozzák, a nehéz részecskék alacsony hőmérsékletűek: a hideg plazmák érzékelhető hőmérséklete szobahőmérséklethez közeli.

Termikus plazmákban végzett hulladékkezelés

A különféle hulladékokat alapvetően fizikai, kémiai, biológiai és termikus eljárásokkal dolgozzák fel. Cikkünkben a termikus módszerekről adunk áttekintést, különös tekintettel a termikus plazmák, mint hőforrások alkalmazására. A termikus eljárások jellegük szerint három nagyobb csoportba sorolhatók, ezek az égetés, a pirolízis és az üvegesítés.

Égetéskor a hulladékokat oxidáló atmoszférában, 300-1000°C közötti hőmérsékleten kezelik. Ennek során azok egyszerűbb kémiai összetételű, szilárd, folyékony és gázállapotú termékekké alakulnak át, miközben csökken tömegük és térfogatuk. Valamennyi égetéses technológia fontos eleme a keletkező füstgázok tisztítása, a káros égéstermékek emissziójának megakadályozása. A hagyó-



mányos hulladékégetésnél képződő szilárd maradékok sokszor még mindig veszélyes anyagok. Esetenként az eredeti anyagnál koncentráltabban tartalmaznak egyes káros alkotókat, amelyek tárolás közben kioldódnak és a környezetet terhelik.

A pirolízis során a hulladékokat nagyon gyorsan jóval 1000°C feletti hőmérsékletre melegítik fel, ami elősegíti a kémiai kötések felszakadását. A bomlástermékekből a lehűlés során különböző végtermékek képződnek. A felmelegítés és lehűlés körülményeinek megfelelő beállításával a legtöbb veszélyes hulladék a környezetvédelmi előírásokat kielégítő módon kezelhető pirolízissel.

Az üvegesítés azon alapszik, hogy a szerves, legtöbbször fémeket is tartalmazó hulladékok kellően magas hőmérsékletre felmelegítve megolvadnak és – amennyiben az olvadék összetételét megfelelően állítják be – a lehűlés során olyan termékek keletkeznek, amelyekben a környezeti szempontból veszélyes komponensek (például az arzén, a kadmium és az ólom) üvegszerű (vitrifikált) mátrixban kötődnek meg. A kialakuló, fizikailag és kémiailag stabilis rendszerből a fémek a szokásos körülmények között gyakorlatilag nem oldhatók ki.

A hulladékok két fő típusát a tisztán szerves, illetve a tisztán szerves anyagok alkotják. Ténylegesen a két szélső eset között-

ti bármilyen kombináció előfordul. Sok szerves alkotót és kevés szervesetlen anyagot tartalmazó hulladékoknál az égetés, míg döntően szervesetlen alkotókból álló hulladékoknál az üvegesítés a célravezető kezelési módszer. Közbenes esetekben a pirolízis lehet előnyös.

A termikus plazmák elsősorban a pirolízis megfelelő eszközei. Alkalmaskak azonban nagy szervesanyag-tartalmú hulladékok elégetésére, vagy üvegszerű, szervesetlen végtermékek előállítására is. A termikus plazmákban végzett hulladékkezelés célirányosan kombinálható más fizikai és kémiai módszerekkel.

A plazmák eljárások, az egyéb termikus hulladékkezelési módszerekkel összevetve számos előnnyel rendelkeznek.

A plazmákban uralkodó magas hőmérsékleten a szerves anyagok teljesen lebomlanak, a szervesetlen hulladékok részben lebomlanak, részben megolvadnak és elüvegesednek; mindez a hulladékok térfogatának jelentős csökkenésével és a le nem bontható alkotók bezáródásával jár.

A plazmareaktorokban a gázok áramlási sebessége viszonylag széles határok között változtatható; kis szemcseméretű, porszerű anyagok is jól kezelhetők ezekben a berendezésekben.

A plazmákban nagy az energiasűrűség, így időegység alatt kis térfogatban nagy mennyi-

ségű anyag kezelhető; alacsonyak a fajlagos beruházási költségek, kisméretű, mobil egységek alakíthatók ki, amelyek alkalmasak lokális szennyeződések, korábban kialakított lerakóhelyek helyszíni felszámolására.

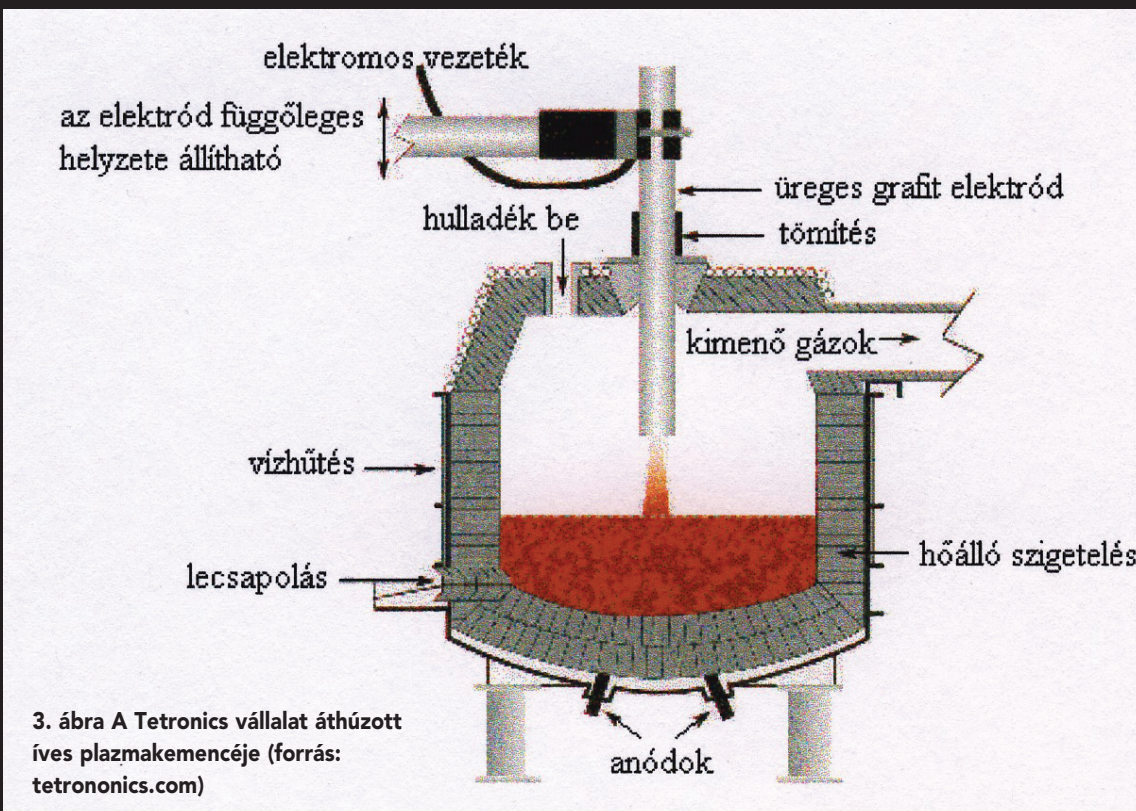
A plazmareaktorok gázforgalma kisebb, mint a hagyományos égetőkemencéké; az RF (rádiófrekvenciás) plazmákban pedig a hőmérséklettől függetlenül tetszés szerinti gázatmoszféra biztosítható, ezáltal a kémiai folyamatok jól kézben tarthatók, a rendszer megbízhatóan működtethető.

A plazma által kibocsátott erős ultrabolya sugárzás elősegít bizonyos bomlási folyamatokat, így például meggyorsítja a klórtartalmú szerves vegyületek disszociációját.

A térben jól körülhatárolt plazmaláng és a körülötte elhelyezkedő gázfázis között nagy hőmérsékletkülönbségek lépnek fel, és mind a gázáramok, mind a szilárd részecskéket tartalmazó anyagáramok gyorsan befagyaszthatók; ily módon megőrizhetők a magas hőmérsékleten, nem egyensúlyi viszonyok között kialakult termékek, továbbá lecsökken az eredeti anyagok rekombinációjának, vagy újabb káros anyagok kialakulásának valószínűsége.

A felsorolt előnyök miatt nem meglepő, hogy az utóbbi, mintegy másfél évtizedben világszerte megelénkültek a termikus plazmák környezetvédelmi alkalmazására irá-

2. ábra Aurora Borealis
2010 nyarán Norvégiából
fotózva
(© Ádám Tamás)



3. ábra A Tetronics vállalat áthúzott íves plazmakemencéje (forrás: tetronics.com)

nyuló kutatások és fejlesztések. A projektek egy részét magáncégek kezdeményezik, de bőven találunk példát állami szerepvállalásra is.

Műszaki megoldások

A plazmatechnológia első gyakorlati felhasználója az acélipar volt (1878, Siemens), majd a technológia fejlődésének következő jelentős lépését az 1960-as évek űrprogramjai jelentették, mivel a Föld légkörébe visszatérő szállóegységek extrém hőterhelésének szimulálásához a plazmafáklyák (vagy plazmaágyúk) kiváló eszköznek bizonyultak. Az első ilyen, nagy teljesítményű eszközöket a Plasma Energy Corporation fejlesztette ki, és ezzel megnyitotta az utat a technológia széleskörű felhasználása előtt. Jelenleg a módszert a felületkezeléstől a környezetvédelemig már számos helyen használják (pl. Németország területén több, mint 200 cég), de az eljárás még „fiatalnak” tekinthető és lehetőségei távolról sincsenek teljes mértékben kiaknázva.

A termikus plazma létrehozására szolgáló berendezéseket két nagy csoportba sorolhatjuk, a szilárd elektróddal működő ívplazmák-

ra, ahol a létrejövő plazma tényleges fizikai kapcsolatban van az elektródokkal, valamint fogyó elektródokat nem tartalmazó, induktív (vagy kapacitív) csatolású plazmaégőkre, ahol csak energiaátadás történik fizikai kapcsolat – szennyeződés, elektródkopás – nélkül.

Ívplazmák

Az ívplazmák előnye a jó hatásfok és a nagy elérhető teljesítmény, hulladékkezelésre ezért legtöbbször ezeket használják. Valamennyi ilyen berendezésben közös, hogy a plazmát két elektród között áthúzó elektromos ív hozza létre. Az elektromos ívben azonnal létrejön a plazmaállapot, ami akár közvetlenül felhasználható hulladékkezelésre, de többnyire stabilizálás céljából plazmaképző gázt vezetnek az elektródok közé, ilyenkor plazmaégőről beszélünk.

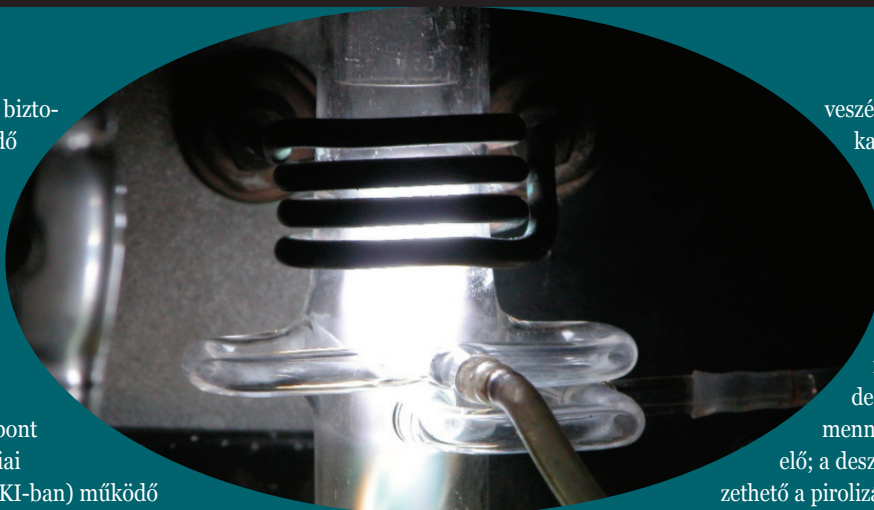
Az ívet létrehozó elektromos áram lehet egyenáram (DC), vagy váltóáram (AC), így egyenáramú és váltóáramú ívplazmákat különböztethetünk meg. A plazmaégők áthúzott íves (3. ábra) vagy nem-áthúzott íves üzemmódban működhetnek. Előbbinél az ív az égő elektródja és a reaktorban lévő olva-

dék (vagy a reaktor fala) között jön létre, míg utóbbi esetben mindkét elektród - és így az elektromos ív is - az égőben van és csak a plazma áramlik ki az égőből. Bizonyos égőkben az áthúzott és nem-áthúzott üzemmód között lehetséges az átváltás akár működés közben is, és léteznek olyan berendezések is, ahol a két üzemmód egyidejűleg van jelen (true dual mode). Mivel a plazmareaktorba bevitt anyag (hulladék) nem mindig elektromos vezető, a plazmaégőt először nem-áthúzott üzemmódban kell beindítani, hogy olyan hőmérsékletre hevítse az anyagot, ahol már vezetővé válik, ezután az égő átválthat a jobb hatásfokú áthúzott módra.

Induktívan csatolt plazmák

Ezekben a rendszerekben a plazmagázt rádió- (RF) vagy nagyfrekvencia (HF), illetve mikrohullám gerjeszti. Legnagyobb előnyük, hogy nem alkalmaznak fogyó elektródokat, így az elektródok kopása miatt nem következhet be a rendszer leállása vagy a plazma paramétereinek megváltozása. További előny, hogy a lineáris gázsebességek egy nagyságrenddel kisebbek, mint az ívplazmákban, így a plazmába bevitt anyagok hosz-

szabb tartózkodási ideje biztosítható. Mivel a kezelendő anyag elméletileg csak a plazma- és hűtőgázzal, valamint a viszonylag alacsony hőmérsékletű (üveg, kerámia, vagy fém) reaktorfallal érintkezik, elkerülhetőek a nem kívánt reakciók. Az MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag és Környezetkémiai Intézetében (MTA KK AKI-ban) működő rádiófrekvenciás plazmaégető fotója a 4. ábrán látható.



Termikus plazmák – technológiai helyzetkép

A termikus plazmákat kezdetben az egyéb módszerekkel nehezen kezelhető veszélyes hulladékok, például azbesztporok, különböző fémporok vagy kórházi hulladékok ártalmatlanítására használták. Gazdasági megfontolások miatt még napjainkban is főként ezek az alkalmazások dominálnak.

Ipari méretben, plazmatechnológiával kezelnek pl. azbesztporokat Franciaországban, továbbá hulladékégetőkből származó salakokat és szállóporokat Japánban. A plazmák környezetvédelmi alkalmazásában élen járó USA-ban a fejlesztések és az ipari alkalmazások eddig főként kórházi hulladékok és azbesztporok, veszélyes ipari hulladékok, elavult hadianyagok, valamint alacsony sugárzási szintű radioaktív hulladékok kezelésére irányultak. Újabban a kommunális hulladékok égetésekor képződő hamu és pernye ártalmatlanítása került előtérbe. Utóbbiak nagy tömegben keletkező, fokozottan veszélyes anyagok, és egyre kevesebb olyan hely van, ahol biztonsággal elhelyezhetőek.

Magyarországi helyzetkép

Magyarországon jelenleg nincs ipari méretű plazmaenergiás hulladékkezelő. Az első ilyen beruházást a Jász-Nagykun-Szolnok megyei Kengyel községben a Green-World Kft. kívánta létrehozni, de a lakossági ellenállás következtében évekig húzódó pereskedés miatt a

4. ábra Induktív kicsatolású rádiófrekvenciás plazma

létesítmény a mai napig nem épülhetett meg, holott az 1998-ban elkészült hatástanulmányal kapcsolatban a szakhatóságok véleménye kedvező volt.

Az egyik hazai nagyvállalat acélgyártó üzemében képződő, magas cink tartalmú porok és iszapok plazmakemencés feldolgozására is készült megvalósíthatósági elemzés, de a kedvező eredmények ellenére ez a beruházás sem jött létre, a megvalósítást az azóta végbement többszörös tulajdonosváltások megakadályozták. Az MTA KK AKI az angol Tetratics céggel közösen végezte el a technológia kifejlesztését, amellyel ezek az anyagok értékes terméké alakíthatóak. A beruházás megtérülési ideje, bevételként figyelembe véve a hulladéklerakás költségeinek megtakarítását, 2 évnél rövidebb lenne.

Egy nemrégiben zárult hazai kutatás-fejlesztési projekt keretében az MTA KK-AKI-ban 100000 t/év kommunális, 30000 t/év veszélyes, fémtartalmú ipari hulladék és 10000 t/év veszélyes szerves hulladék együttes kezelésére alkalmas, komplex technológiai sort terveztek, amelynek főbb elemei a következők:

- a szelektíven, ill. vegyesen gyűjtött kommunális hulladék papír, műanyag, fém, és üveg tartalmának újrahasznosítása;
- a szétválogatás maradékának termikus ártalmatlanítása, célszerűen 600-700°C-on végzett pirolízissel;
- a pirolízis során képződött szilárd maradék (pernye, salak) üvegesítése ívplazmában, az ipari forrásokból származó, 30000 t/év

veszélyes fémtartalmú hulladékkal együtt; a kezelés terméke újrahasznosítható fémoldék (fém) és üveg- és/vagy vitrokerámia;

- a pirolízis során 30000 t/év mennyiségben képződik olajtartalmú, folyékony fázis; ebből desztillációval 20000 t/év mennyiségű fűtőolaj állítható elő; a desztillációs maradék visszavezethető a pirolízáló reaktorba;

- a pirolízáló kemencéből kilépő gázfázisból a pernye leválasztása, és beadagolása az ívplazmás kemencébe; a tisztított gázfázis energiátartalmának hasznosítása az erőműi egységben;

- az ívplazmából kilépő gázfázisból a durvább szilárd anyag leválasztása, majd az anyagáram átalakítása és a gázáramban esetlegesen jelenlevő fokozottan veszélyes alkotók (furánok, dioxinok) lebontása rádiófrekvenciás termikus plazmában; értékes terméként nagy diszperzitású korom (gumiipari, műanyagipari töltőanyag) és fém(oxid) por előállítás.

A bemutatott példák is bizonyítják, hogy a termikus plazma alkalmazása egyedülálló megoldást kínál a hulladékfeldolgozás számos problémájára, különösen a veszélyes hulladékok kezelésére, ennek ellenére szűkebb környezetünkben nem tekinthető sem közismert, sem széles körben elterjedt hulladékkezelési módszernek. A plazmatechnológia alkalmas az anyagok lebontására, átalakítására, hasznosítható termékek létrehozására, és mindez igen alacsony emissziós értékek mellett, és járulékos CO₂ kibocsátás nélkül is megvalósítható.

Mohai Ilona, Panker Ádám Erik, Szépvölgyi János



További olvasnivalók a témában:

Panker Ádám Erik: A plazmatechnológia alkalmazási lehetőségei a hulladékkezelésben,

Dr. Motál György: Plazmaláng – Csúcstechnológia a környezetvédelemben, Műegyetemi Kiadó, 2007.

Geodézia az anyagtudományban

Sir Harold Kroto, a Floridai Állami Egyetem Kémiai és Biokémiai Tanszékének Nobel-díjas kutatója cikkében egy olyan projektről számol be, amelyet azért kezdett el, hogy művészi indíttatásból egy molekulaszervezet alapján háromdimenziós modellt, illetőleg szobrot készítsen. A létrehozott modellnek olyan egyedülálló és váratlan formája lett, hogy az további tudományos vizsgálatokhoz vezetett. Ezek a vizsgálatok azután magyarázatot nyújtottak sok évvel korábban már megfigyelt, de tévesen értelmezett nanoszerkezeti jellegzetességekre. Ez a beszámoló ritka példája annak, hogyan vezet el a művészi alkotókészség egy kulcsfontosságú tudományos áttöréshez.

1988-ban Ken McKay és jómagam elvégeztünk egy nagyon érdekes kísérletet, csak a magunk kedvtelésére. Ez a projekt véletlenül igen komoly előrehaladást jelentett szénrészecskék szerkezetének kiderítésében, amely szerkezeteket addig a nanoméreték dimenzióiban nem lehetett megérteni, noha sok éven át többször is nekiveselkedtek ennek a feladatnak. Ezek a törekvések téves következtetésekre vezettek, amelyeket aztán több évtizeden át el is fogadtak (1).

Geodézikus kupolák

A fullerének felfedezését (2) követően, az 1980-as évek végén, úgy gondoltam, jó lenne

magamnak felépíteni a saját mini-Buckminster Fuller kupolámat (lásd az 1. képet) persze kicsit redukált méretben, tehát vettem egy molekulamodell építő készletet.

Azidőtájt sejtelmünk sem volt arról, hogy ez egy kutatási projekt - csak a magunk szórakoztatására elkezdett munka volt, hogy egy nagy és szép bemutató modellt építsünk, szoborként a laboratóriumban. Az 1. ábrán bemutatott híres Buckminster Fuller kupola az 1967-es Montreáli Világkiállításon volt látható.

A Ken McKay-vel végzett kis hobby projekt elvezetett bennünket a manapság Goldberg poliédereknek nevezett testekhez, Goldberg és Coxeter matematikusok roppantul megragadó munkájához.

Amikor felépítettük a modelleket, nagy meglepetésemre azok nem voltak olyan sima gömbfelületek, mint ami az 1. képen látható. Azt vártam a Buckminster Fuller kupoláról készített képek alapján, hogy sima gömbfelületeket kapunk. Ehelyett az általunk megépített modellek (lásd a 2a és 2b. képet) zárt ikozaédes felületek voltak, amelyeket hexagonális szerkezetek alkottak, összekötve a 12 pentagonális csúcsot.

Emlékszem, azidő tájt nagyon meglepett, hogy a modellek nem voltak gömbszimmetrikusak, ahogy azt vártam. Mikor elkezdtem újra alaposabban tanulmányozni a Fuller kupolákat, rájöttem, hogy bár a hatszögek általában elég szimmetrikusak, az ötszögek mellett fekvők viszont eléggé torzultak.

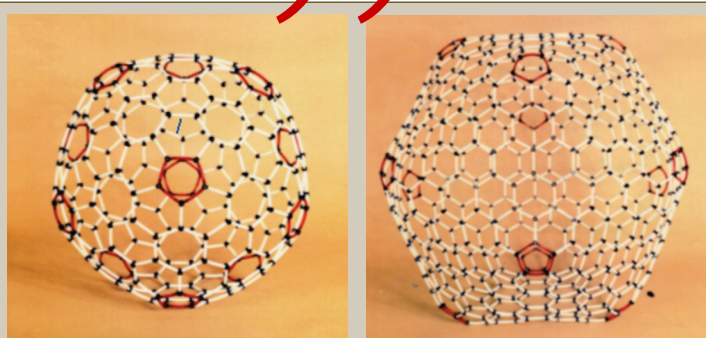
3. kép. A baloldali fotót a Graphis 43 (1967) gyűjteményben publikálták, míg a

FULLERÉN-NÉVJEGY

A fullerének egyik felfedezője maga ennek a cikknek az írója: Sir Harold Kroto. A fullerének voltaképpen érdekes, molekuláris szénmódosulatok. A felfedezésükig ismert szénmódosulatok az amorf szén, pl. a korom, vagy a kőszén, a grafit és a gyémánt. Ezek egyike sem molekuláris, hacsak nem tekintjük pl. a gyémántot egy óriásmolekulának. A fullerének zárt, kémiai kötésekkel alkotott gömbszerű képződmények, pl. a C₆₀ és a C₇₀ 60 ill. 70 szénatomot tartalmaznak. Vannak ennél nagyobb gömbök is sok száz szénatommal, sőt vannak olyanok is, amelyek az orosz Matrioska bábuhoz hasonlóan kisebb szén-gömböket magukba foglaló nagyobb szén-gömbök. Mindezeket összefoglaló néven nevezzük fulleréneknek.

jobboldali fotót Robin Whyman vette fel, aki odaadta nekem a felvétel kópiáját. Az a nagy szerencse, hogy mindkét fotón (amelyeken egyébként az első USA űrkabin és az

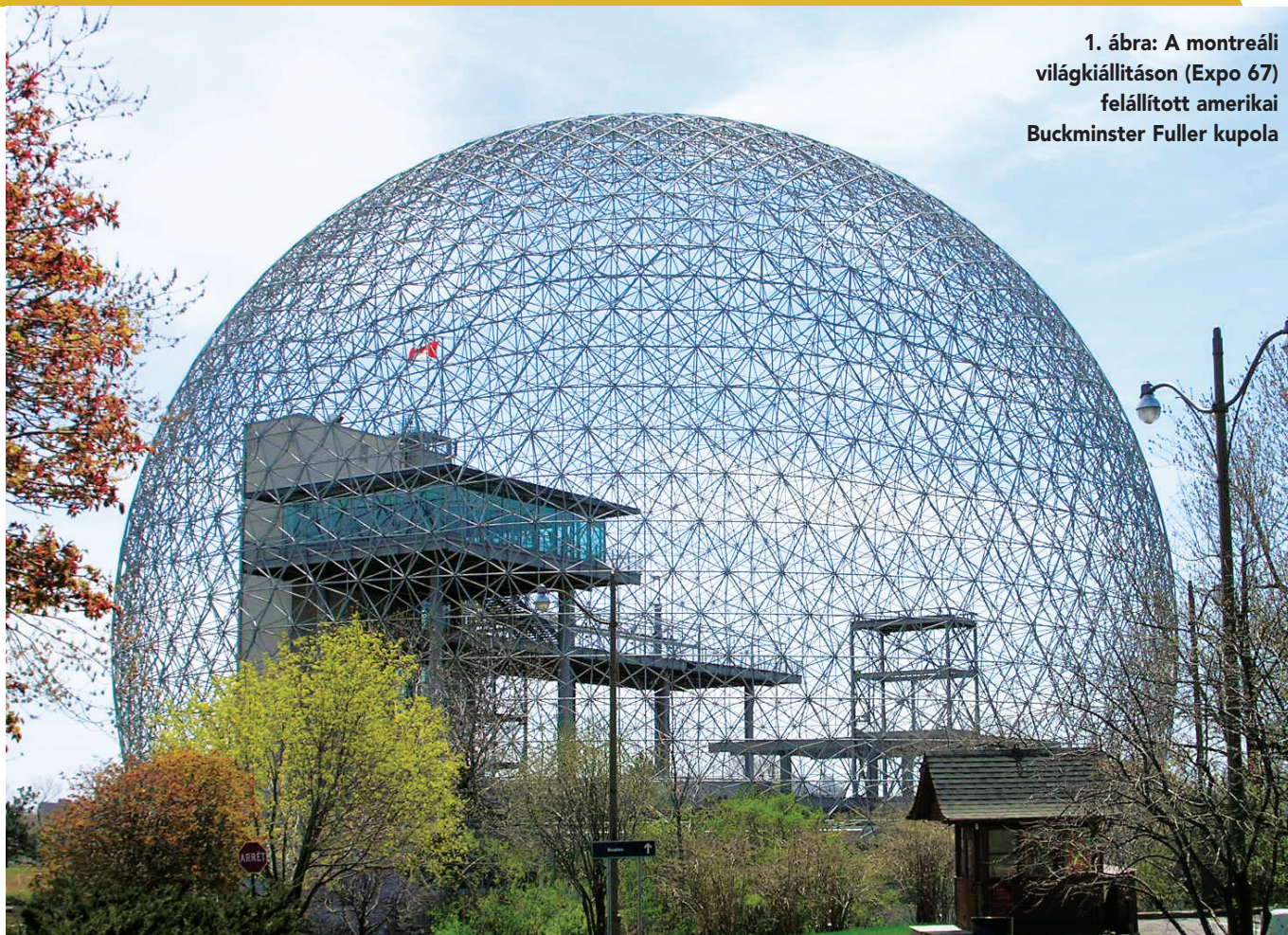
„
Sejtelmünk sem volt arról, hogy ez egy kutatási projekt - csak a magunk szórakoztatására elkezdett munka volt.”



2. kép: A C₅₄₀ (2a), ill. A C₉₆₀ (2b) óriásfullerének molekulamodelljeinek fotói. A modelleket a Goldberg poliéderek alapján konstruáltuk. Vegyük észre, hogy amint a rácsos szerkezet nagyobb lesz, ikozaédes szimmetriája nyilvánvalóbbá válik, mivel az átfogó kontúrok a gömbi szimmetria felől a sokszögletű poliédres szimmetria felé tolódnak.



1. ábra: A montreáli világiállításán (Expo 67) felállított amerikai Buckminster Fuller kupola



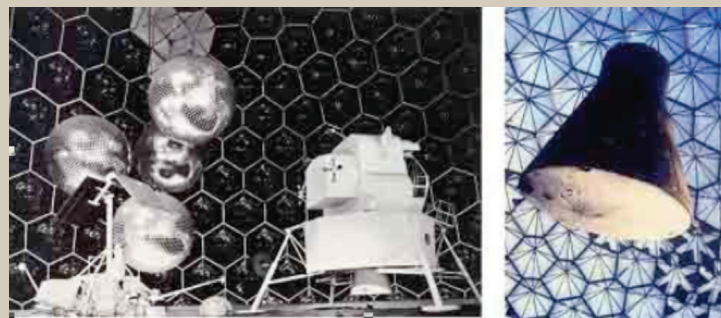
(HTTP://WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/86761597@N00/572541209/)

Eagle holdkabin kópiáját is láthatjuk) található egy ötszöglet. Tudományos/művészeti szempontból igen érdekes az ötszöglet körülvevő hatszögek aszimmetriája. Ez a torzulás szükséges volt ahhoz, hogy az Expo67 kupola közel gömbszimmetrikus legyen. Az óriás fullerének sajtószerű, egyszögletes kvázi-ikozaéderes alakja viszonylag sima felületekből áll, amelyek a fullerének zárt szerkezetéhez szükséges 12 ötszögű csúcs között ívelnek.

Később rájöttem, hogy saját magam (és nyilvánvalóan mindenki más is) elnéztünk valamit, ami pedig az orrunk előtt volt több éve az irodalomban. A múltban többször nézgettem gömb alakú szénrészecskék elektronmikroszkópos képeit, és csak most fogtam fel, hogy mit is láttam.

Több évvel ezelőtt jelent meg az irodalomban a hagymaszzerű szén szerkezetek nagyfelbontású elektronmikroszkópos képe (3). Ezeknek az elegáns képeknek egy tipikus példáját látjuk azon a felvételen, amit Daniel Ugarte készített.

Az elektronmikroszkópos képen mintegy a keresztmetszetét láthatjuk egy gömbszerű részecskének, amely koncentrikus gömbhéjakból áll, akár egy fej hagyma. Ilyen



3. kép: Két fénykép az Expo 67 kupola belsejéből.

módon olyan képet nyerhetünk a belső szerkezetről, mintha egy gömböt kettévágnánk, ahhoz hasonlóan, amint egy fatörzs elfűrészelésekor az évgyűrűket látjuk. Amire rájöttem, és amit én és mások is elnéztünk, az az volt, hogy a gyűrűk nem teljesen kör alakúak, hanem a körtől finom szerkezeti eltéréseket mutatnak. Ezek a gyűrűk mintegy ikozaéderesek voltak, pontosan, mint a mi óriás fullerén modelljeink-

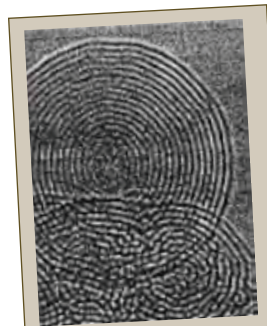
AZ ELRAGADÓ IDOMOK

A Goldberg és Coxeter féle térkitöltő sokszögletű geometriai idomok, geodézikus poliéderek és az előállításukra szolgáló matematikai algoritmusok igen híresek (lásd pl: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.4.8327>). Irodalmuk igen kiterjedt és maguk az idomok gyönyörködötetők és észbontóan komplikáltak, bár teljesen szabályosak. Goldberg és Coxeter egy új matematikai területet nyitottak meg felfedezéseikkel, ezek a poliéderek igen szorosan kapcsolódnak a fullerének geometriai és kémiai szerkezetéhez.

IZOLÁLT ÖTSZÖGEK SZABÁLYA

Ahhoz, hogy a C₆₀ zárt gömbszerű szerkezete létre tudjon jönni a szénatomok egyes és kettős-kötésekkel történő összekapcsolódásával, vagy hogy az ikozaéderes szerkezet geometriailag egyáltalán megvalósulhasson 12, egymástól hat-szögekkel elválasztott ötszög megléte szükséges. Ezt elnevezték az „izolált ötszögek szabályának”, ld: http://en.wikipedia.org/wiki/Fullerene_chemistry.

ben. Tehát korábban azt láttam, amit látni akartam, ahelyett, ami ténylegesen ott volt. Hogy ezt a sejtést alátámasszuk, Ken McKay számítógépi programokat írt, amelyek egyre nagyobb óriás fullerén szerkezeteket állítottak elő (4. ábra).



8. ábra: Egy hagyományos gömbalakú szénrészecske nagyfelbontású elektronmikroszkópos képe. A szénhéjak kilaposodása megfigyelhető a 8 és 11 óra közötti íveknél. A képet Daniel Ugarte készítette.

A FELFEDEZÉS FONTOSSÁGA

Az olvasóban felöltik a kérdés, miért fontosak számunkra ezek a nagyszimmetriájú molekulák, vagy akár csak ilyen nagyszimmetriájú szerkezetek? Előbb talán magáról a szimmetriáról egy-két szót. A szimmetria jelensége alapvetően fontos a tudományos megismerésben, de ugyanúgy fontos a művészetben is. Ha valakit szépnek tartunk, annak alakában, arcvonásaiban vonzó szimmetriákat látunk és ösztönösen erre reagálunk. Ezek a nagyszimmetriájú szénmolekulák, amelyekről a cikk szól: a fullerének, 25 éve forradalmasították a szén kémiáját, a kialakult tudásunkat, alapvetően új utakat nyitottak meg a molekulaszerkezet vizsgálataiban, illetőleg az elméleti kémiában is. Ezek kapcsán pedig felhívták a figyelmet a tudományos kutatás szépségeire és problémáira egy olyan korszakban, amikor ez az érdeklődés rohamosan lanyhult. Noha a fullerének a mai napig még nem váltották be a hozzájuk fűzött elvárásokat a mindennapi életben, közvetlen „rokonaik” a szén nanocsövek már ma is nagy jelentőségre tettek szert a modern anyagszerkezet alkalmazásaiban. Állíthatjuk, hogy a fullerének nyitották meg az utat pl. az ezévi fizikai Nobel-díjhoz is, amit a grafénrétegek előállításáért és tanulmányozásáért kapott két orosz fizikus. Talán még azt is kijelenthetjük, hogy a fullerének felfedezése és megismerése teremtette meg a modern nanotechnológiát.

Az elektronmikroszkópban egy elektronnyalábot bocsátunk át valamilyen tárgyon, és ha a nyaláb egy olyan atomcsoporttal találkozik, amelyben az atomok egymáshoz képesti fázisai megfelelnek egy csatornának, amelynek falait egy grafitháló alkotja, akkor az elektronok diffrakciót szenvednek és egy sötét vonal jelentkezik, mint a 6a és 6b ábrákon láthatjuk. Ilyenkor valójában a részecske keresztmetszetét látjuk. A fullerének sokszögű elrendezést mutatnak, amelyek szimmetriája a hatos és tízes szimmetria közötti.

Köszönetnyilvánítás

A Szerző köszönetet mond Ken McKay és David Wales kollegáinak, akikkel az eredeti tudomá-

nyos kutatást végezte, továbbá Daniel Ugarte-nak és Morinobu Endo-nak elektronmikroszkópos képeikért.

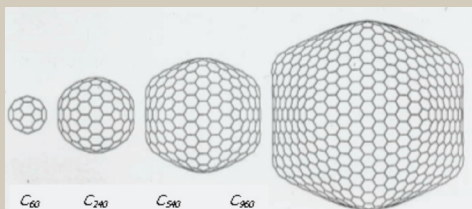
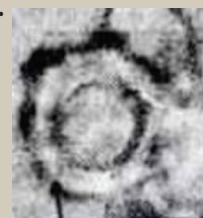
A jelen cikk Sir Harold Kroto eredeti munkája (Acta Chim. Slov. 2010, 57, 613–616), a keretbe foglalt megjegyzéseket pedig a fordító, Nemes László tette hozzá.



6. ábra: Öt koncentrikus fullerén szerkezetből álló szénrészecske szimulált elektronmikroszkópos képe, amint két különböző tengely mentén látjuk: a baloldali ábra hatos, míg a jobboldali 10-es szimmetriát mutat.

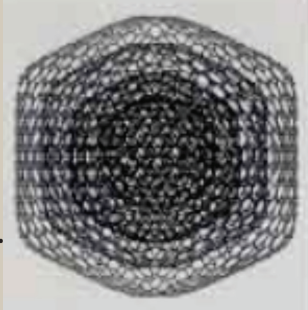
Persze tökéletes ikozaéderes szimmetria nagyon valószínűtlen, de a szerkezetek kilaposodása nagyon gyakori, amint azt a 7. ábra mutatja.

7. ábra: Egy kettős héjból álló gömbszerű szénrészecske tényleges nagyfelbontású elektronmikroszkópos képe. A külső héj hexagonális formája tisztán látható, és tökéletes összhangban van a 6. ábra szimulációjával. A képet Mordkovich és Endo készítette.



4. ábra: Fokozatosan növekvő óriás fullerének sorozata.

Ha ezeket a szerkezeteket egymásba illesztjük, az 5. ábrát kapjuk. 5. ábra: Sematikus ábra négy fullerén szerkezet egymásba illesztett elrendezéséről.



IRODALOMJEGYZÉK

- H W Kroto and K McKay, 'The Formation of Quasi-icosahedral Spiral Shell Carbon Particles' *Nature*, 331, 328-331 (1988)
- H W Kroto, J R Heath, S C O'Brien, R F Curl and R E Smalley, 'C₆₀: Buckminsterfullerene' *Nature*, 318(No.6042), 162-163, (1985)
- S. Iijima, *J. Cryst. Growth* 5, 675 (1980)



A SÖR KÉMIAJA

A sört már az egyiptomiak idejében ismerték, a monda szerint Ozirisz isten az emberek boldogítására adományozta. Tény, hogy szudáni ásatások során egy közel 7000 éves edényt találtak, amiben sörmaradványokat mutattak ki. Babilonban i.e. 5000 körül már tanult sörfőzők dolgoztak és Hammurabi törvénygyűjteményében ki is tér a sör forgalmazására. A görögök az egyiptomiaktól vették át, és a rómaiakkal egyetemben bár itálnak tartották, szemben a germánokkal. Az ókor söre azonban édeskés, gyorsan romló árpalé volt, mert hiányzott belőle a keserű komló.

A komló a kenderfélék (Cannabaceae) családjának egyik nemzetsége. Csak 3 faj tartozik ide, melyek közül a legismertebb és legelterjedtebb a közönséges komló (*Humulus lupulus*), egy kétlaki, évelő kúszónövény, aminek termése a sörgyártás alapanyaga (gyógynövényként nyugtató- és altatószerként is használják).

Európában a XI. században a kolostorok lakói, a szerzetesek váltak a legavatottabb

sörfőzőkké, s a szerzetesek újítása lehetett, hogy komlóval kezdték ízesíteni a seritalt.

A sör előállításának elvei az utóbbi 100 évben nemigen változtak. Megmaradtak a klasszikus alapanyagok, az árpa csirázttatásával, majd aszalásával előállított malátá, valamint komló, sörélesztő és persze a víz. Az hogy a sör világos, vagy barna lesz-e, már a malátagyártás során eldől. A munka teljes automatizálása csupán

A munka teljes automatizálása csupán módosította a hagyományos módszereket.

”módosította a hagyományos módszereket, aminek következtében még a „szerzetesi” sörüzemben is a 2 hónapos gyártási időt akár 3-4 hétre csökkenthetik.

A söripar fontos enzimes folyamatai a keményítőtöbbszörítés és az erjesztés. A kemé-



Komló növény

A sör népszerűségének köszönhető, hogy majdnem minden országban gyártják és egyesek világhírré is szert tettek. Nálunk népszerűek a német, cseh, holland, belga és dán sörok, több külföldi cégnek hazai forgalmazója is van. De nem szabad elfeledkezni a nemrég több nemzetközi elismerést kiváltó magyar sörokról sem. Érdeemes hát áttekinteni, miből és mióta készítik ezt a sokak által kedvelt italt.

Komló ültetvény



Robert Burns:
A JÓ SÖR, Ó
O QUDE ALE COMES

A jó sör, ó, jön is, megy is.
Sebaj, ha rongyom rámegy is.
Culám, cipőm is eladó -
A jó sör, ó, a búra jó.

Hat öleröm volt, de kitünő,
ami a fő: ugartörő!
Elolvad áruk, mint a hó -
A jó sör, ó, a búra jó.

Nyakam töröm, csak jőjj söröm
a konyhatündért gyömködöm,
s jöhet a szégyenpad s bitó -
A jó sör, ó, a búra jó.

A jó sör, ó, jön is, megy is.
Sebaj, ha rongyom rámegy is.
Culám, cipőm is eladó -
A jó sör, ó, a búra jó.

Nagy László fordítása



A XVII. századi sörfőzés ábrázolása

yítószemcséket vízzel való keverés és melegítés közben bontják le, a folyamat több lépcsőben megy végbe: mechanikai, kémiai és biológiai (enzimes) folyamatok játszódnak le. Az enzimek (α -amiláz, β -amiláz, glükóamiláz, pullulanáz, glükózidáz, stb.) közül a keményítőt bontást gyakorlatilag két enzim, az α - és β -amiláz végzi a söripari cefrőzés (sörfőzés) során, működésük dextrinhez és glükózhoz vezet. A főzéskor adják a komlót a sörléhez. A főzés a sörlét sterilizálja és a fehérjék nagy részét kicsapja. A megmaradó fehérjék biztosítják, hogy a sörhab kis buborékokból álljon, jó szerkezetű és tartós legyen a hab.

A sör erjesztésére vonatkozó tudományos ismeretek a koppenhágai Carlsberg Laboratóriumból származnak. Ez egy alap-kutatásra létrehozott intézmény volt, ahol szabadalmi bejelentések nem történtek és minden új ismeret azonnali publikálásra került. Innen származik pl. Johan Kjeldahl nitrogén-meghatározása, a Sørensen által bevezetett pH-skála, és Emil Hansen (1842-1909) kutatási eredménye, az élesztő szintenyészet. Hansen ismerte fel, hogy nemcsak baktériumok, hanem a *Saccharomyces cerevisiae*-től eltérő élesztőtölgomba törzsek is sörszerű fertőzést okoznak. Kidolgozta az egyetlen sejtből történő tenyésztést, amit 1883-tól a gyár-

tásba is bevezettek és alapja lett a modern erjesztési technológiáknak.

Az erjesztést mesterségesen hűtött helyiségben végzik, hogy ezzel is gátolják a fertőzést (az alkoholos erjedésre lásd Borkémia című írásunkat ebben a számban). Az alkoholtartalmat egyrészt az élesztő alkoholtűrése, másrészt az erjesztés időtartama és hőmérséklete befolyásolja.

Az emberek a sörnek nemcsak mámorító, de gyógyító hatását is felismerték már az ókorban (Hippokratesz és Paracelsus).

ITAL/1dl/	Energiatartalom/kJ/	Zsir/g/	Szénhidrát/g/
Tokaji Aszú	945	0.2	55.1
Pezsgő	294	17.5	
Szőlőlé	273	0.05	15.1
Tej	252	2.8	5.3
Coca-Cola	180	10.8	
SÖR	1600	!!!	9.0

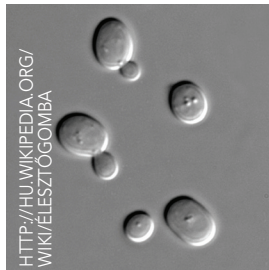
Biró: Tápanyagtáblázat, 1999.

VITAMIN	NAPI SZÜKSÉGLET/MG/	SÖR 1 LITERÉBEN/MG/
B2/riboflavin/	1,5-1,8	0,2-1,3
Nikotinsavamid	22	3-14
B6	1,8-2,2	0,07-1,7
Pantoténsav	8	0,04-2
Folsav	0,2	0,04-0,6
Biotin	0,05-0,1	0,002-0,015

Ugyanakkor általános az a nézet, hogy a sör hízlal. Az alábbi táblázat ezt a kérdést objektívebb tekintetűt.

lázat tájékoztat.

Egy liter sör 1100-2800 mg ásványi anya-



HTTP://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ÉLESZTÖGOMBA

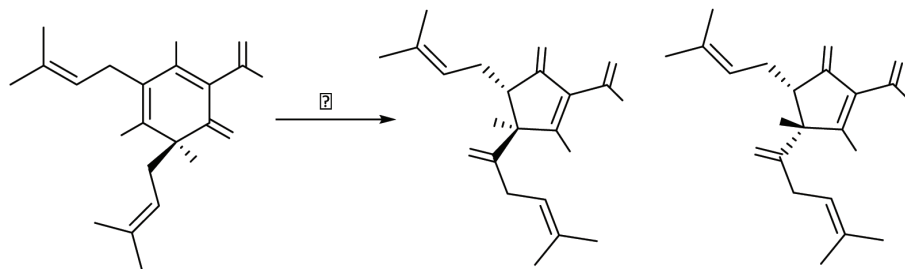
Saccharomyces cerevisiae élesztőtölgomba sejtek

menyiségben található benne kálium, kicsi viszont a nátrium koncentrációja. A két elem koncentráció-viszonya alapján a sör nátriumszegény ételnek számít, így fogyasztásával valamelyest ellensúlyozható, ha túlzott a konyhasó bevitel.

sörben viszonylag nagy mennyiségben fordul elő a szélén, amelynek koncentrációja az árpa termőhelyétől függ, így a sörköben jelentős ingadozást mutat. Egyéb elemeket is tartalmaz kis mennyiségben, ezeket mikroelemeknek nevezzük, pl. vas réz, cink stb. A mikroelemek fontos biokatalizátorok, számos enzim építőkövei.

A táplálkozás tudósok olyan ételiszerek fogyasztását javasolják, amelyek antioxidánsokban gazdagok. Ezen vegyületek a szervezetben lévő szabad-gyökökkel reagálnak. A szabad-gyökös reakciók egy része a szervezet önfenntartó mechanizmusaiban is szerepet játszik. Sejtjeink egy része azért

termel szabad gyököket, hogy azok lebontsák a szervezetbe bejutott idegen anyagokat (gyógyszereket). A kelleténél több szabad gyök azonban káros, mert megtámadja sejtjeinket. A sörk jelentős mennyiségű antioxidáns is tartalmaznak, ide sorolhatóak a fenolsavak, a malátaaszalás és a komlóforralás során keletkező melanoidinek, egyes maláta és élesztőtö-



Izo-humulonok, a 'sör-keserűség' legfőbb vegyületei komlóból keletkeznek.

A lakodalmak elmaradhatatlan kísérője volt a sörivás.

id. Peter Bruegel: Parasztlakodalom, a bal alsó sarokban látható a sör kancsóba töltése

etű vitaminok, valamint a komló bioaktív polifenoljai.

Denis De Keukeleire vizsgálta a komló keserű anyagait és több mint 200-féle vegyületet tudott kimutatni a sörben. A jellegzetes keserű ízanyagot a fenti reakciónak köszönhetjük.

sört színes üvegekben forgalmazzák. A fény befolyásolja a sör minőségét. Már több, mint 20 éve észlelték, hogy a fotokémiai reakciók mekkora szerepet játszanak mind a sör összetételében, mind a sörhab képződésénél. Ezért az elkészült sört védeni kell a fényhatástól, és hűvös helyen kell tárolni. **Iryni György**



A szerzetesek ma is főznek sört, modern berendezésekkel.



További olvasnivalók

- A sörfőzőmesterség, Bogdán István: Régi magyar mesterségek, 1930/i-net*
- Hegyesné Vecseri Beáta, Az ásványi anyag tartalom tanulmányozása a sörgyártás műveleti lépései során, Doktori Értekezés, Budapest, 2004*
- Pogátsnik Oliver: A sör nemcsak árpából lehet, Söripar, 1996/4*
- J. Nat. Prod. 2009, 72, 1220–1230*
- Interplay of Phoochemistry and Bier/ internet*
- Michael Jackson's: Pocket Beer Book, 1991, ISBN 0 85533 856 3*
- Emil Ulichberger: Rund ums Bier, VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1981*
- Gaal Ernő: A sör, Gondolat Zsebkönyvek, 1988, ISSN 0133-0489, ISBN 963 282 069 X*
- The World Guide to BEER, ed. Michael Jackson's, ISBN 0 906286 14*



Badacsony a keszthelyi modellvasút-kiállítás terepasztalán



Badacsony Badacsonytomajnál

MODELL és VALÓSÁG

A modelleket lehet szeretni. Valójában sokan szeretik is, főként a modellkészítők, mondjuk a vasút,- hajó,- avagy repülőgép-modellezők, akik tevékenységükről hírt is adnak sajtó, kiállítás, internetes fórum útján – egyszerűen láthatóan komoly dologról van szó. Mégis gyakorta megmosolyogják őket a „komoly emberek”, vélhetően arra gondolva, hogy miért nem csinálnak ezek valami értelmesebbet! Noha pszichológusok szerint nyilvánvaló haszna van annak, ha az ember valamiben örömet leli, azért némi igazságot érzünk abban is, hogy a modellezés csak játék. De pusztán ennyiről volna szó?

Csak azért készülnek modellek, mert jó játékszerek? A Nagy testvérek által Széchenyi támogatásával elkészített első magyar gőzmozdony Derű névre hallgatott, és ténylegesen csak egy 1:4 arányban megépült modell volt, amely ma a Közlekedési Múzeum gyűjti-

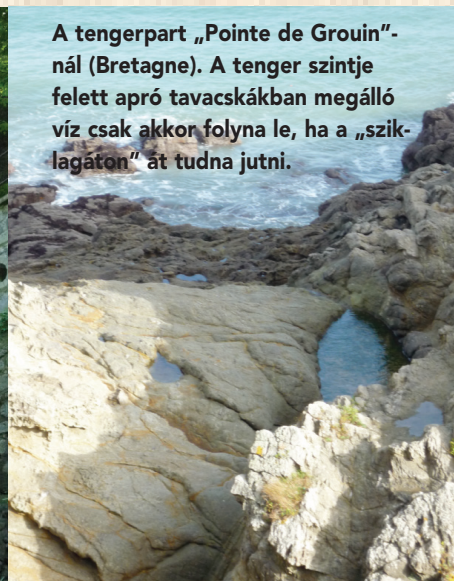
ményét gyarapítja. A mozdonymodell azért készült, hogy meggyőzően bizonyítsa a majdani mozdony működőképességét. Itt a modell érezhetően több volt, mint játékszer: a végső megvalósításra engedett következtetést.

Persze a modell ritkán tökéletes mása a valóságnak. Például, ha a Badacsony fényképét összevetjük egy terepasztal¹ Badacsony-imitációjával, hamar belátjuk, hogy a modell nem tökéletes. Többek között hiányzik róla a hegy jobb felső szélén lévő bezárt kőbánya, és az arányok sem egészen helyesek. Ezzel együtt a

tóparton lévő koporsóforma hegy felismerhető. Sőt, érdekes módon a modelltől többet is megtudunk, mint magáról a fényképről. Például azt, hogy a hegyen szőlőt termesztenek, vagy azt, hogy a hegy és a tó között vasútvonal halad (aki járt már ott, tudja, hogy ez valóban így van). Mindez nem látszik a fényképen, mint ahogy egy kémiai kísérlet eredményéből sem kapjuk meg a rendszer minden jellemző tulajdonságát. (Ha nátrium-hidroxid oldatot sósavval öntünk össze, és a mérőeszközünk egy hőmérő, a melegedést észlelhetjük ugyan, de a pH meg-



A Szinva patak vízesése Lillafüreden. Senki nem látta még, hogy a víz magától felfelé folya, hiszen a minimális energiaszintet „keresi”.



A tengerpart „Pointe de Grouin”-nál (Bretagne). A tenger szintje felett apró tavacskákban megálló víz csak akkor folya le, ha a „sziklagáton” át tudna jutni.



változásáról, a közömbösítési reakcióról fogalmunk sem lesz.)

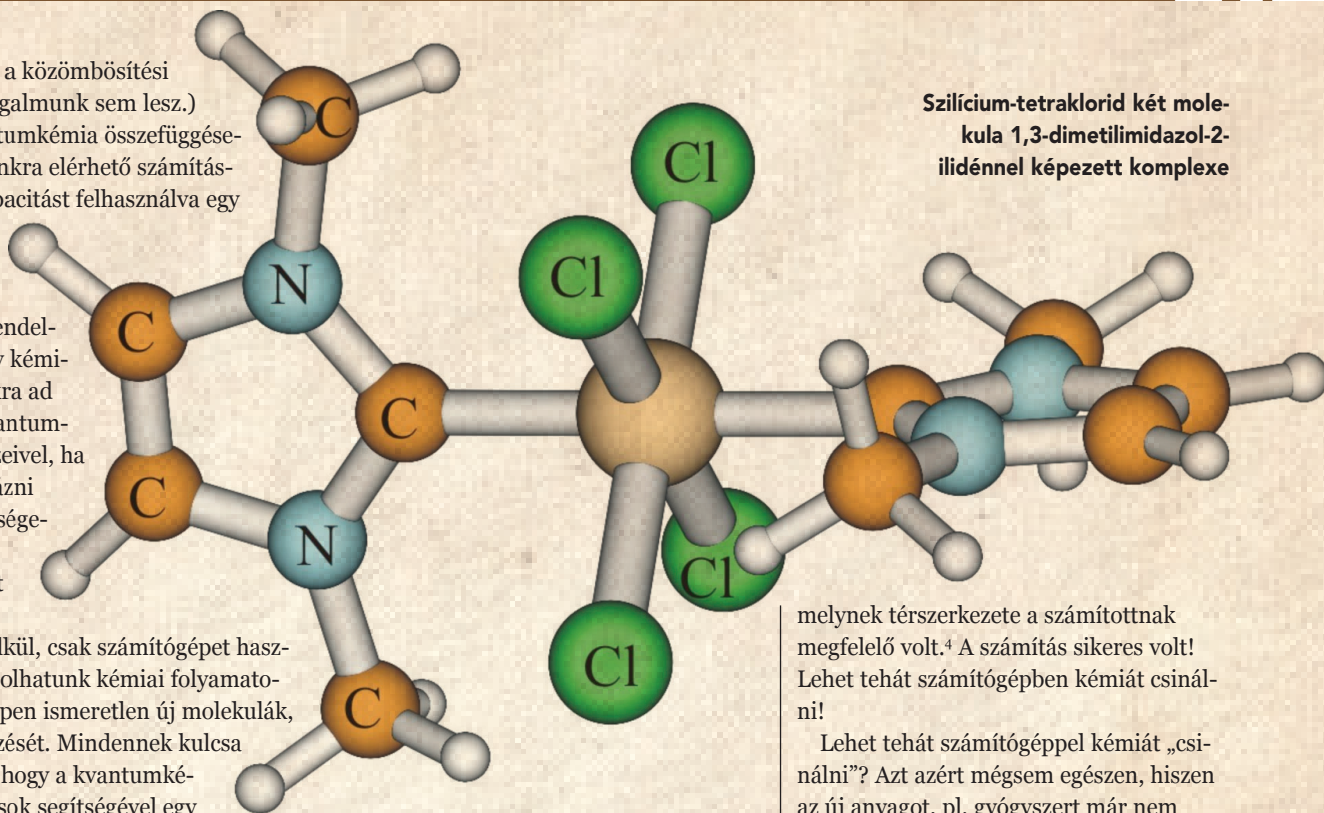
Ma a kvantumkémia összefüggéseit és a napjainkra elérhető számítástechnikai kapacitást felhasználva egy olyan eszköz (ha akarjuk modellt) áll rendelkezésre, mely kémiai problémákra ad választ. A kvantumkémia eszközeivel, ha kell, magyarázni tudunk jelenségeket, de ennél sokkal többet is tehetünk:

kísérletek nélkül, csak számítógépet használva megjósolhatunk kémiai folyamatokat, avagy éppen ismeretlen új molekulák, anyagok létezését. Mindennek kulcsa abban rejlik, hogy a kvantumkémiai számítások segítségével egy atommagokból és elektronokból álló rendszer (ilyen például egy molekula) energiája meghatározható² az atommagok bármely helyzetében. Az energia ismerete nagyon fontos, hiszen minden rendszer az

„
A modell olyat is megmutathat, amiről a kísérlet alapján nem tudunk.

„
energiája minimalizálására törekszik (illusztrációnak lásd a Szinva patak vízesését). Ennek alapján meghatározható az atommagok elrendeződése egy molekulában, csak meg kell keresni azt az atommag-elrendeződést, amelyhez a legmélyebb energia tartozik. A patak analógiájához visszakanyarodva ez egy tavacska-t jelent, amibe a víz belefolyik, és ott megáll. A tavacska ilyen módon egy molekulát jelképez. Persze ilyen tavacska több is lehet, s a víz továbbfolyhat egyikből a másikba, amennyiben át tudja lépni a tavakat elválasztó gátat, végül eljutva a tengerbe.

Kellően magas gátak esetén azonban a tavacskaiban a víz sokáig megmarad. Ha



Szilícium-tetraklorid két molekula 1,3-dimetilimidazol-2-ildénnel képezett komplexé

tehát ki tudjuk számolni a különböző atommag-elrendeződések (tavacska-molekulák) energiáját, meg tudjuk mondani, hogy melyikük a legstabilabb. Így még többet tudunk, mint eddig, hiszen a kémiai reakciók irányát is éppen a stabilitás növekedése szabja meg, s a gátakat megkeresve azt is megállapíthatjuk, hogy egy átalakulási folyamat könnyen lejátszódik-e, vagy végbemenetele gátolt.

Az eddigiekből remélhetőleg kiderült, hogy kvantumkémiai módszerek és számítógép segítségével ki tudjuk számolni, illetve meg tudjuk jósolni a molekulák tulajdonságait (például geometriáját) és akár más molekulákba való átalakulásának képességét (azaz kémiai reaktivitását) is. De vajon elég pontosak-e a jóslataink, meg lehet-e bízni bennük? Kellően gondosan elvégzett számítások esetén nagy biztonsággal elmondhatjuk, lehet a kísérlethez fordulni, a jóslat ellenőrizhető.

Igazolásképpen álljon itt egy saját példa. Az ábrán látható egy különleges szilíciumvegyület, melyben a szilícium négy helyett hat atomhoz kapcsolódik. E vegyület stabilitását leíró közleményünk³ megjelenése után néhány hónappal sikeresen elő is állították a vegyületet,

melynek térszerkezete a számítottnak megfelelő volt.⁴ A számítás sikeres volt! Lehet tehát számítógépben kémiát csinálni!

Lehet tehát számítógéppel kémiát „csinálni”? Azt azért mégsem egészen, hiszen az új anyagot, pl. gyógyszert már nem állítja elő a számítógép, ahhoz a kísérletező kémikus kell. Ő viszont örül annak, ha a munkáját segítik a számítások.

Nyulászi László

* Megjegyzések, hivatkozások

1. A terepasztal Keszthelyen, a Vadászati és Történelmi Modellvasút kiállításon található.
<http://west-balaton.hu/keszthely-muzeum/vadaszati-es-tortenelmi-modellvasut-kiallitas>
2. Megjegyzendő, hogy közelítéseket, elhanyagolásokat kell alkalmazni. Általában nagyobb rendszerek (molekulák) számítása kevésbé pontosan végezhető el, mint a kis rendszereké. Mindazonáltal a ma rendelkezésre álló számítógépekkel számos kémiai és biológiai szempontból érdekes rendszerre kellő pontosságú számítás végezhető el.
3. Hollóczki, O.; Nyulászi, L. *Organometallics*, 2009, 28, 4159.
4. Ghadwal, R. S.; Sen, S. S.; Roesky, H. W.; Tavcar, G.; Merkel, S.; Salke, D. *Organometallics*, 2009, 28, 6374.

Molekuláris fáklyák

A legtöbb információt környezetünkről a látásunk révén szerezünk. Ahogy igaz ez a mindennapi életben, ugyanúgy a tudományban is. Az élővilág megismerését hosszú időn át a fizika segítette leginkább a mikroszkóp megalkotásával és ennek köszönhetően a mikrovilág láthatóvá tételével. A tárgylemezre helyezett mintának azonban nemcsak a külsejét, hanem a szerkezetét és működését is meg akarjuk érteni. Ebben pedig már a kémia lett a biológia legfőbb szövetségese. Az ezen területen elért eredményeiért (Osamu Shimomurával és Martin Chalfiével megosztva) kémiai Nobel-díjjal jutalmazott vegyész, Roger Y. Tsien nemrégiben hazánkban járt. Ennek apropóján mutatjuk be, hogyan vált a Csendes-óceáni medúzák világító fehérjéje napjaink biológiai kutatásainak elengedhetetlen kellékévé.

A történet a Csendes-óceán, pontosabban a Friday Harbor nevű kisváros partján kezdődött 1961-ben, ahova a Princeton Egyetem fiatal japán kutatója, Osamu Shimomura azért érkezett, hogy mintát gyűjthessen az



Az *Aequorea victoria* medúza

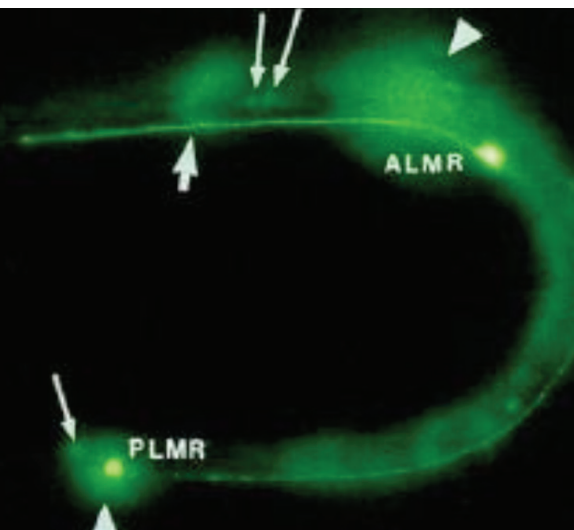
WWW.FLICKR.COM

Aequorea victoria nevű medúzából. Ez a medúza azért volt számára érdekes, mert tudta róla, hogy zölden világít, és Shimomura, aki a biolumineszcens fehérjék iránt érdeklődött, meg akarta tudni, milyen fehérje áll ennek háttérben. A sikeres mintagyűjtést és néhány további hónapnyi munkát követően sikeresen azonosította is a medúza fő fényforrását jelentő fehérjét, az aequorint. Ez a fehérje azonban meglepetésre nem zöld, hanem kék fényel világított, dacára annak, hogy a medúza vizsgált része egyértelműen zöld volt. Viszont megvolt az a tulajdonsága, hogy ezt a Ca^{2+} ion koncentráció függvényében tette, ezért a következő években Shimomura egy erre a fehérjére alapuló Ca^{2+} szenzort igyekezett fejleszteni. Már az

első publikációjukban megemlítik, hogy egy másik, zölden fluoreszkáló fehérjét is azonosítottak az extraktumokból, mégis éveknek kellett elteltie ahhoz, hogy Shimomura figyelme erre a fehérjére irányuljon. Ezt a zölden fluoreszkáló későbbi sztárfehérjét, az angol neve (green fluorescent protein) alapján GFP-nek nevezett molekulát csak az 1970-es években vette górcső alá, amikor is azonosította benne a fluoreszcenciáért felelős csoportot, az úgynevezett kromofórt.

Természetesen nem véletlen, hogy Shimomura kevesebb figyelmet szentelt a GFP-nek. Azok a tulajdonságok ugyanis, amik ma olyan népszerűvé teszik, abban az időben még vagy hátrányosnak tűntek, vagy egyenesen ismeretlenek voltak. Az

A *Caenorhabditis elegans* féregbe beültetett GFP fehérjék megvilágítják a β -tubulin fehérjéket, elsősorban pedig az ALMR és PLMR, tapintást érzékelő sejteket (a másik 4 ilyen sejt nem látszik a képen)



egyik ilyen tulajdonság az, hogy a GFP fehérje által kibocsátott fény nem függ a fehérje környezetétől. Vagyis nem alkalmazható semmiféle detektálásra, szemben például a Ca^{2+} ion-érzékes aequorinnal. A másik tulajdonság, ami mára a fehérje legfőbb előnyévé vált, egyszerűen értelmezhetetlen volt abban az időben. Akkoriban ugyanis nem létezett még a genetikai módosítás lehetősége, így Shimomuráék nem tudhatták, hogy a GFP fehérjét megfelelő genetikai beavatkozás révén más

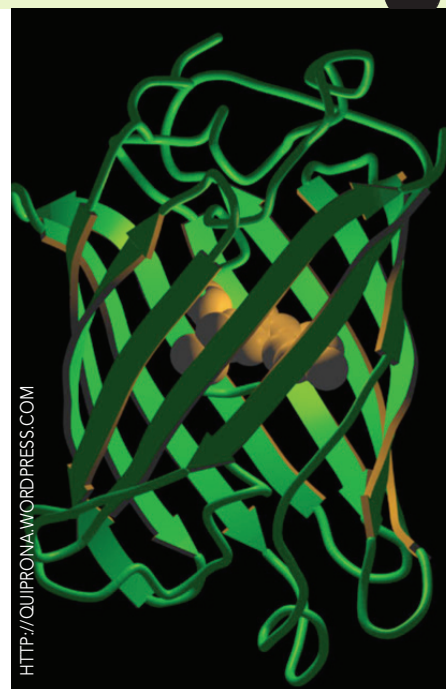
Adott fehérjékhez kötve követni tudjuk a fehérjék megjelenési helyét és akár esetleges mozgását is szinte bármilyen élőlénybe juttatva.

fehérjékhez lehet kötni, és ami igazán fontos, a GFP nem változtatja meg ezen fehérjék működését, miközben megtartja fluoreszcens tulajdonságát. Vagyis adott fehérjékhez kötve követni tudjuk ezen fehérjék megjelenési helyét és akár esetleges mozgását is szinte bármilyen élőlénybe juttatva be a GFP-t. Ez volt az a döntő lépés, amit Martin Chalfie vitt véghez 1994-ben, amikor a szükséges tech-

nikák már rendelkezésre álltak. A *Caenorhabditis elegans* nevű, tudományos körökben népszerű fereg DNS-ébe vitte be a GFP fehérjét kódoló génszakaszt oly módon, hogy a GFP a β -tubulin fehérjével együtt fejeződött ki. Mivel a β -tubulin legnagyobb mennyiségben a tapintást érzékelő receptorokban található, a GFP is itt jelent meg, zölden kirajzolva a *Caenorhabditis elegans* 6 ilyen érzékelő sejtjét. Ez volt az az áttörés, ami valójában megalapozta a GFP térhódítását. Lehetővé vált ugyanis kiválasztott fehérjék specifikus vizualizációja és monitorozása a hozzájuk kapcsolt GFP molekuláris fátyla révén.

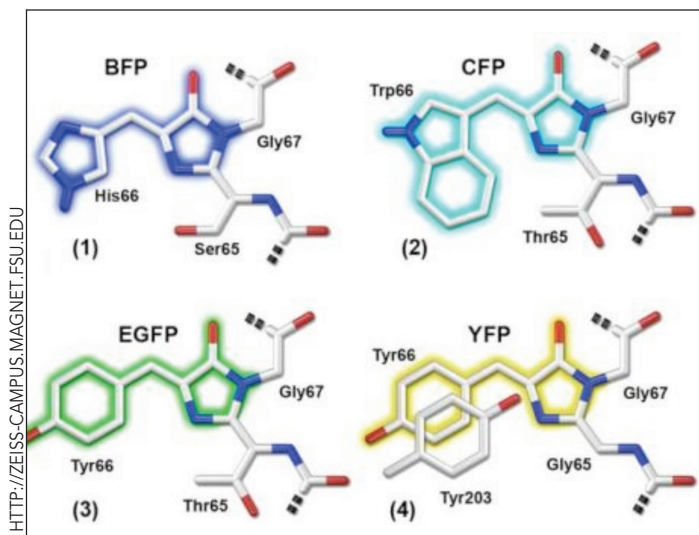
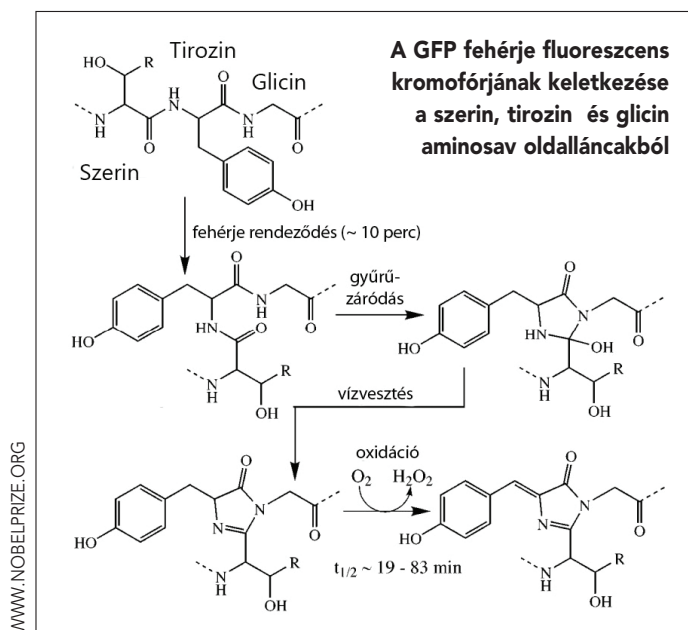
Hogyan világít?

Meglepő módon még ekkor sem volt ismert, hogyan válik a GFP fluoreszcenssé. A fehérjéket felépítő aminosavak ugyanis fluoreszcensen inaktív vagy csak kevésbé aktív molekulák. A már Shimomura által is leírt, erősen aktív kromofór csoport kialakításához pedig az általános vélekedés szerint szükség lenne valamilyen, a folyamatot katalizáló enzimre. Az a tény azonban, hogy a GFP minden, különböző enzimeket tartalmazó organizmusban működött, arra utalt, hogy az aktív forma nem enzim-katalizált reakcióban keletkezik. A GFP képződésének reakciójára a



A GFP fehérje szerkezete középen a fluoreszcenciáért felelős kromofór csoporttal

kémikus Roger Tsien adott magyarázatot ugyancsak 1994-ben, amikor bebizonyította, hogy molekuláris oxigén hatására a fehérje szerin, tirozin és glicin aminosav oldalláncaiból egy para-hidroxibenzilidén-imidazolinon csoport keletkezik, ami kromofórként viselkedik: az aequorin által kibocsátott kék fényt elnyeli, és helyette zöld fényt sugároz ki. Jellemző módon a



Néhány módosított GFP fehérje kromofórája: kék (BFP), cian (CFP), erősebb zöld (EGFP) és sárga (YFP) fényt kibocsátó változatok

Fluorit kristályok



MI A FLUORESZCENCIA?

A fluoreszcencia szót George G. Stokes alkotta a foszforeszcencia mintájára amikor felfedezte, hogy a fluorit ásványok (CaF_2) ultraibolya fényvel besugározva kéken világítanak. Maga a fluoreszcencia egy olyan folyamat, aminek során egyes molekulák adott energiájú fényt nyelnek el, ennek következtében valamilyen nagyobb energiájú állapotba kerülnek, majd bizonyos idő alatt relaxálódnak, visszaállnak a nyugalmi helyzetükbe és eközben a felvett energia egy részét fénykibocsátás formájában leadják. Mivel azonban az energia egy része a folyamat során elvész (disszipálódik), a kibocsátott fény kisebb energiájú, vagyis nagyobb hullámhosszú lesz, mint a gerjesztő fény. Ehhez a jelenséghez szükségünk van egy olyan molekulára, ami viszonylag könnyen átbillenhető egy magasabb energiájú állapotba. Az ilyen molekulákat hívjuk kromofóroknak.

kromofór sokkal jobban gerjeszthető ultraibolya (UV) fényvel, mint kék fényvel, ezért a gyakorlatban ma inkább az UV fényvel történő gerjesztést alkalmazzák a medúza eredeti kék fényű gerjesztése helyett.

A fluoreszcens fehérjék elterjedéséhez Roger Tsien csoportja jelentősen hozzájárult a mechanizmus tisztázásán túl a kémiai háttér felismerése révén is, ami egyben a továbbfejlesztés útját nyitotta meg. A GFP fehérjében létrehozott pontmutációk segítségével egyéb kromofórokat is ki tudtak alakítani, amelyek más színű fényt bocsátottak ki. Ezáltal lehetővé vált az, hogy több különböző fehérjét lehessen egymás

AGYSZIVÁRVÁNY

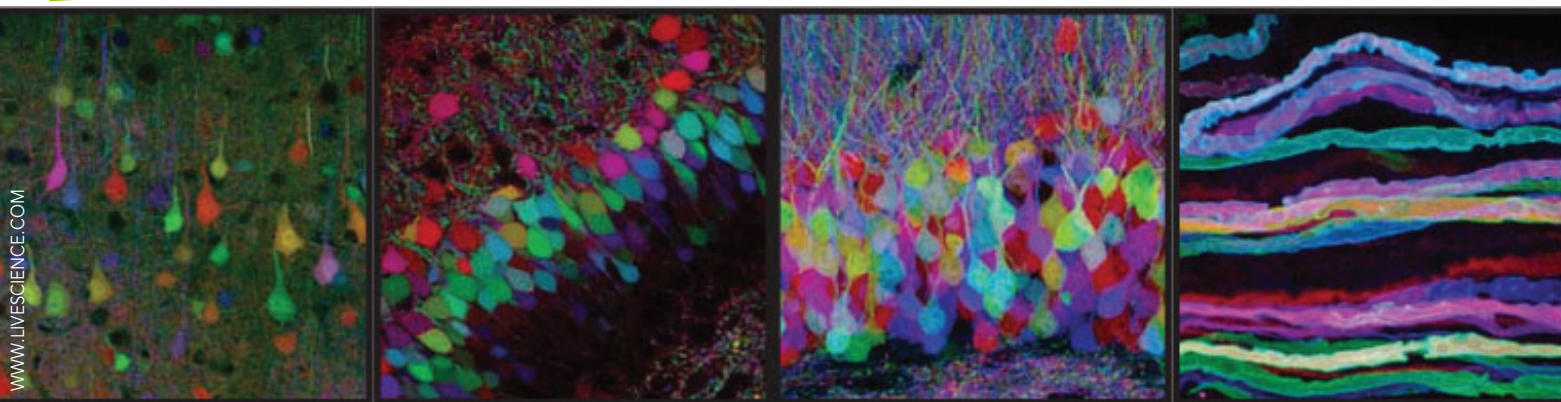
A Roger Tsien által kifejlesztett fluoreszcens fehérjék leglátványosabb felhasználása valószínűleg a brainbow-nak, vagyis agyszivárványnak nevezett módszer, amivel több száz sejtet lehet különböző színűvel megfesteni és egymáshoz kapcsolódását egyszerűen, szemmel követni. A korábbi hasonló próbálkozások azon véreztek el, hogy egyetlen színű festéket juttattak be a sejtekbe és így vagy csak kevés sejtet tudtak egymástól megkülönböztethetően megjelölni, vagy pedig nem tudták elkülöníteni az egyes sejteket. Ha azonban három (piros, sárga, cian) színű fluoreszcens fehérje gént juttatjuk be egyszerre egy állat DNS-ébe, ezeket a génszakaszokat egymás után helyezük el és lehetővé tesszük, hogy tetszőleges kombinációkban forduljanak elő, akkor a sejt elkezd legyártani a DNS-ben kódolt fehérjét, és a piros, sárga, cian színek valamilyen keverékét kapjuk, mégpedig minden sejtben más-más színt kikeverve.

WWW.WIKIPEDIA.ORG

mellett nyomon követni, ha más-más fluoreszcens fehérjét kapcsolunk hozzájuk. Ma már több tucat különböző színű nyomjelző fehérje kapható a kereskedelmi forgalomban, és a számuk napról napra növekszik.

Összefoglalva tehát ezen felfedezések révén a kémia egy olyan új eszközt adott a biológusok kezébe, amivel addig láthatatlan folyamatokat lehet vizuálisan észlelhetővé tenni. Lehetséges például a rákos sejtek kialakulásának és burjánzásának követése, az idegrendszer megbetegedéseinek vizsgálata, vagy akár az impresszionista festményeket meghazudtoló szépségű „agyszivárvány”-képek készítése.

Héja László



Brainbow technikával megfestett idegsejtek. A módszer a különböző színű fluoreszcens fehérjék véletlenszerű kombinálásán alapszik



A második kutatótábor

2010 nyarán második alkalommal rendezte meg az MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezatkémiai Intézete az „AKI kíváncsi kémikus” kutatótábort.

Atábor előkészületeinek a múlt évi tapasztalatokkal felvértezve láttunk neki. Egy lényeges eltérés volt csupán: az Anyag- és Környezatkémiai Intézet kezdeményezéséhez az idén csatlakozott a Kémiai Kutatóközpont többi intézete, a Biomolekuláris Kémiai Intézet, a Nanokémiai és Katalízis Intézet és a Szerkezeti Kémiai Intézet is, és így még szélesebb témaválasztékkal várhattuk a jelentkező diákokat.

A 25 hazai és 2 határon túli településről érkezett 35 résztvevő diák 19 modern kutatási témában dolgozhatott egy héten keresztül témavezetők irányításával. Számukra eddig ismeretlen különleges anyagokat, misztikusnak tűnő átalakulásokat láthattak, megtanulták, hogyan irányíthatók egyes kémiai folyamatok, és megismerhették, miképpen határozhatók meg az anyagok tulajdonságai korszerű műszerekkel és bonyolult eljárásokkal. Azt, hogy a diákok és a témavezetők áldozatos munkája nemcsak érdekes, de eredményes is volt, a diákok zárónapi „mini-konferencián” bemutatott előadásai és a kutatótábor után, otthoni munkában elkészített dolgozatai bizonyítják.

Bekapcsolódtak egy országokon átívelő kutatási programba, melynek célja a füstgázok nitrogén-oxid tartalmának ártalmatlanítása a természetben is nagy mennyiségben megtalálható metán és egy hatékony, de nem túl költséges egyszerű katalizátor használatával. Kobalt[II]- és indium[III] tartalmú zeolit katalizátort (Co,In,H-ZSM₅, Co/Al=1/8, In/Al=1/3) vizsgálták. A katalizátoron NO-t, metánt és O₂-t tartalma-



Katalitikus kísérlet

zó gázelegyet vezettek át és tömegspektrometriás mérésekkel meghatározták a reakcióban történt koncentrációváltozást. Ennek alapján azt találták, hogy a katalizátor nagy aktivitású, és a nitrogénoxidokat 450°C-on 80%-os hatékonysággal szelektíven N₂-né redukálja. Korszerű infravörös spektrofotometriás mérésekkel követték a katalizá-

Azt a 35 diákot, akik 2010. évi kutatótáborunkban részt vettek, már nem kellett „megfertőznünk” a kémia szeretetével...

tor felületén létrejövő képződmények minőségét és koncentrációjuk változását.

Szintén katalizátorok szerepét tanulmányozták acetofenon folyadékfázisú hidrogénezésében. A hidrogénezéssel iparilag fontos termékeket, fenil-etanolt és a ciklohexil-etanolt kívántak előállíta-

ni. A munka során Al₂O₃ hordozós Pt illetve Pd katalizátorral szakaszos üzemű, kevert tankreaktorban végeztek kísérleteket. Előre megtervezett időpontokban mintákat vettek a reaktorból, és a reaktánsok és termékek koncentrációit gázkromatográfiás úton meghatározták, és az adatokból kiszámították a reakciókat jellemző paramétereket: a konverziót, hozamot és szelektivitást. Az eredményekből megállapították, hogy ciklohexil-etanol csak platina katalizátoron jött létre. Palládium katalizátor jelenlétében viszont a fő termék fenil-etanol, ami elenyésző mennyiségben továbbalakult a hidrogénezési reakció szempontjából veszteségként jelentkező melléktermékké, etil-benzollá.

Egy divatos területtel, a galvánelemek egy speciális fajtájával, a tüzelőanyag cellákkal, ezen belül is a metanollal működő tüzelőanyag cellákkal ismerkedett meg három diák. Ezen cellák előállítása nem gazdaságos, ha anódként drága platínát használnak, ezért munkájuk célja az anódként alkalmazható szénhordozós platina katalizátor módosítása

volt. Szénlapon Pt-Sn kétfémes szemcséket alakítottak ki, és az így létrehozott katalizátort tesztelték oly módon, hogy metanolt és kinint is tartalmazó galván-elemet készítettek, melynek anódja a katalizátor volt. A kininről tudjuk, hogy H^+ hatására olyan szerkezetátalakulást szenved, aminek következtében UV fényen megvilágítva fluoreszkál. A cellára kapcsolt feszültség hatására megindult a metanol oxidációja, az anódos folyamatban H^+ keletkezett, amit az mutatott, hogy a cella UV fényben fluoreszkált. Sikerült tehát egy működő katalizátort készíteni, amelyről ciklikus voltametriás méréssel azt is megállapították, hogy az ózított Pt/C katalizátor aktívabb, mint az eredeti Pt/C katalizátor.

A nanoméreték birodalmába tekinthetett be két diák. A szabad szemmel látható tartományoktól egyre lejjebb haladtak az anyagok felületének molekuláris, atomi részletéig. Összehasonlították, milyen információt lehet szerezni egy minta felületéről optikai-, fluoreszcens- és elektronmikroszkóppal, és mire használható a pásztázó alagútmikroszkóp és az atomi erőmikroszkóp sokkal nagyobb felbontása. Az atomi erőmikroszkóp érzékelője egy olyan tű, melynek csúcsa egyetlen atom, és segítségével nanométeres felbontásban leképezhető a minta felülete. A különböző módszerekkel CD lemezek felületét vizsgálták, és arra voltak kíváncsiak, hogy melyik módszerrel lehet írott és íratlan lemezek felületét megkülönböztetni. Azt találták, hogy míg optikai mikroszkóppal és pásztázó elektronmikroszkóppal a két minta nem különböztethető meg, addig az atomi erőmikroszkóp felvételeken felismerhetőek a CD-írása során kialakított néhány tíz nanometers barázdák.

Egy másik projektben személyre szabott gyógyszeres terápia kidolgozásában vettek részt. Gyógyszereket és DNS mutációkat mutattak ki három pszichiátriai beteg véréből. A laborba érkező vérmintákból az egyik vizsgálatban vérszérumot izoláltak, és abból nagy teljesítményű folyadékkromatográfiával és

tömegspektrometriával megállapították, hogy a beteg vérében milyen gyógyszerek találhatók, és azoknak mekkora a koncentrációja. A másik mérésben a vérmintákból fehérvérsejteket vontak ki, és a belőlük származó DNS-t vizsgálták.

ri- valamint bizonyos rákbetegségek megelőzésére. Kutatások kimutatták, hogy a jótékony hatás a vörösborban található resveratrolnak köszönhető. A resveratrol egy polifenol típusú vegyület, mely a növényekben képződik, a legtöbb



Vörösbor vizsgálata

Fontos gyógyszermetabolizáló enzimeket (a P450 enzimesalád tagjait) kódoló gének pontmutációit keresték. Az allélek minőségét és mennyiségét TaqMan próbával és valós idejű PCR-rel (Real-Time Polymerase Chain Reaction) határozták meg. A gyógyszerek vérben meghatározott koncentrációi esetenként eltértek a helyes terápiás értéktől, ami összefüggésben lehet az enzimek genotípusával: a mutáns allélokkal rendelkező betegnél várható az enzimek csökkent működőképessége, és ennek a következménye a gyógyszerek normálistól eltérő koncentrációja a vérben. Mindezeket együttesen figyelembe véve javasolták ezen egyének gyógyszeres terápiájának módosítását.

Az étkezési szokásokkal kapcsolatos tapasztalatokból tudjuk, hogy a vörösbor fogyasztását ajánlják szív- és érrendsze-

bet a szőlőből, annak is a héjából nyerték ki. A kutatótáborozó diákok hét különböző borból valamint meggyében keresték a resveratrolt. A mintákból folyadék- és szilárd fázisú extrakcióval nyerték ki a célvegyületet, amit aztán nagy teljesítményű folyadékkromatográfiával és tömegspektrometriával vizsgáltak. A vizsgált minták közül a legtöbb resveratrolt, 30 mg/litert, az egyik villányi vörösbor tartalmazza, és a többi vörösbor mindegyikében többet találtak, mint a fehérborokban. A fehér- és a vörösbor közötti különbség oka sok más tényező mellett a borászati technológiában rejlik: a fehérborokat nem erjesztik törkölyön, míg a vörösborok szőlőjét sokáig hagyják ázni a héján.

Hétköznapi életünk legfontosabb folyadékát, a vizet kevésbé ismert oldalá-

ról vizsgálta két kíváncsi kémikus. Jól ismert, hogy a H₂O molekulák rendkívül erős hidrogénkötést képző hajlama a víznek különleges tulajdonságokat kölcsönöz. Ezeknek a makroszkopikusan is észlelhető jellemzőknek a magyarázata abban rejlik, hogy a H₂O molekulák közt a kölcsönhatás irányított és olyan erős, hogy még folyadék halmazállapotban is nagyfokú rendezettség tapasztalható.

Nem csoda tehát, hogy a folyadékállapotú víz szerkezetének felderítése nagy erőfeszítéssel folyik. A diákoknak lehetőségük nyílt arra, hogy e kutatásokba kapcsolódva megismerkedjenek egy nagyműszeres kísérleti módszerrel, a Röntgen-diffrakciós szerkezetmeghatározással és egy elméleti eljárással, a molekuladynamikai szimulációval. Mind kísérleti úton, mind számítógépes szimulációval meghatározták a vízben a molekulák párkorrelációs függvényét, és abból megállapították, hogy egy kiválasztott vízmolekulához hány másik vízmolekula kapcsolódik viszonylag közvetlenül.

Az egyik szerveskémiai laboratóriumban átkristályosítottak két tiokarbamid származékot, az N-[(2-nitrofenil)tiokarbamoil]benzamidot és annak 4-metil származékát toluolból valamint acetonitrilből. A munka során nemcsak a kristályok alakjának és színének sokféleségében gyönyörködhetek, hanem megismerhetek sok, a szerveskémia gyakorlatában használatos eljárást és analitikai módszert is: hogyan történik a megfelelő oldószer kiválasztása, a kristályok izolálása, olvadáspont meghatározása, pasztilla készítése, majd infravörös spektroszkópiai vizsgálat. Kémiai reakciókat is végrehajtottak velük, melyeknek lejátszódását vékonyréteg kromatográfiával követték. A keletkezett terméket szűrték, szárították, majd megvizsgálták, hogy a szerkezetváltozás hogyan látható az infravörös spektrumban. Kíváncsi kémikusainknak azonban mindez nem volt elég, új anyagot kerestek maguknak: a β-naftolt, amit FeCl₃-dal reagáltattak, és 1,1'-binaftolt állítottak elő. Ezután összehasonlították a kiindulási anyagról és a termékről készült

magmágneses rezonancia (NMR) spektromot.

Az óriás- vagy szupramolekulák kémiája két vagy több molekulaegységből létrejövő, molekulák közötti erővel összetartott molekulatársulásokkal foglalkozik. A fiatal tudományterületen dolgozó diákok két olyan óriásmolekulát állítottak elő, melyekbe koordinatív kötésekkel aranyat építettek be. Az első szintézisünk során az [Au₂(xantphos)₂](NO₃)₂ szupramolekulát állították elő a xantphos nevű ligandummal [9,9-dimetil-4,5-bisz(difenilfoszfin)oxantén], egy másik, hasonló szintézissel pedig a nixantphos molekulát [4,6-bisz(difenilfoszfin)fenoxazin] felhasználva az [Au₂(nixantphos)₂](NO₃)₂ óriásmolekulát hozták létre. Már a nevükből is látszik, hogy bonyolult képződményekről van szó, az előállításukhoz vezető reakciók lejátszódásáról olvadáspontmérésekkel és infravörös spektrumok felvételével kellett megbizonyosodni. Az óriásmolekulák felépítéséről, térbeli szerkezetéről az egykristály röntgen-diffrakciós módszer segítségével szereztek információt.

A kutatótábor egyik résztvevője többféle összetételű etilén-glikol-dimetakriláttal keresztkötött poli(N,N-dietil-akril-amid) hidrogéleket állított elő. A hidrogélek erős hidrofil tulajdonságú, duzzadásra képes térhálók. Ha a térhálóokban hidrofób és hidrofil részek vannak váltva kovalensen egymáshoz kötve, amfil kotérhálóokról beszélünk. Három különböző összetételű poliizobutilénnel keresztkötött poli(N,N-dietil-akril-amid) amfil kotérhálókat felvette a vizes duzzadási görbéjét, majd az egyensúlyi duzzadási fokot elérve vízfürdőn fokozatosan emelte a minták hőmérsékletét. A mérés kezdetekor, 29°C-on, még teljesen átlátszó minták 55°C-on a teljesen opálosokká váltak. Ennek oka, hogy ezeknek a polimereknek az a tulajdonsága, hogy melegítés hatására az úgynevezett kritikus szételegyedési hőmérséklet felett oldhatatlanná válnak, szételegyednek az oldószertől, aminek következtében lecsökken a fényáteresztő képességük. Amitől igazán különlegesek ezek az anyagok, az az intelligens voltak, vagyis a

különböző hatásokra reverzibilisen képesek oda- majd visszaalakulni.

A ma használatos „fehér” fogtömő anyagok monomerjeit közvetlenül a fogba tömés előtt keverik össze, majd a fogban fény hatására alakítják ki a térhálót. Ez a reakció térfogatsökkenéssel jár. A térfogatsökkenés következtében a tömés nem tölti ki a teljes lyukat, ami a fog további romlásához vezethet. Ez a probléma a kiindulópontja annak a kutatásnak, amibe egy kutató diák is bekapcsolódhatott. Feltételezhető, hogy ha először létrehoznak egy elágazó szerkezetű polimert, és abból alakítják ki a térhálót, a folyamat már kisebb térfogatsökkenés fogja kísérni. Ahhoz, hogy megállapítsák, hogy egy ilyen módszer működhet-e, két polimerizációs reakciót hajtottak végre. Egy monofunkciós monomerekből, a metilmetakriláttól, lineáris láncú polimert, egy bifunkciós monomerekből, az 1,4-butándiol-dimetakriláttól, pedig elágazó szerkezetű polimert állítottak elő. A polimerizációs folyamatok előrehaladását gélpermeációs kromatográfiával és NMR spektrumok felvételével követték. Az eredmények azt mutatták, hogy már rövid idő eltelte után magas konverziót értek el, és az elágazó szerkezetű polimerben maradtak szabad kettőskötések, ami lehetővé teszi a térhálóosítást.

Azt a 35 diákot, akik 2010. évi kutatótáborunkban részt vettek, már nem kellett „megfertőznünk” a kémia szeretetével, hiszen ők éppen a kémia iránti vonzalmuk miatt jelentkeztek hozzánk. Szándékunk az volt, hogy megmutassuk nekik, hogyan lehet a kémiában módszeresen, igényesen újabb ismeretanyagot gyűjteni, azt rendszerezni, értelmezni, alkalmazni, amit majdan kutatóként ők is megtehetnek. Reméljük, hogy olyan tapasztalatokra tettek szert a kutatótáborban, ami arra ösztönzi őket, hogy tovább foglalkozzanak a kémia mind mélyebb megismerésével, és bízunk benne, hogy néhány év múlva minél többüket már a kutatók táborában láthatjuk viszont.

(Következő számunkban folytatjuk!)

Lendvayné Győrik Gabriella

Dögésként az Eötvös Collegiumban



A 2010/11-es tanévben ünnepli a budapesti Ménesi úti Eötvös József Collegium – Alpár Ignác által tervezett – építészettörténeti jelentőségű épülete fennállásának 100 éves jubileumát. Ebből az alkalomból az egyik „legöregebb” egykori collegistát, Kucsman Árpádot, a szerves kémia professzorát kérdeztük arról, hogy milyen emlékeket őriz – hagyományos diákkifejezéssel élve – „dögésként” a tanuló évekről.

● **Az Eötvös Collegiumot leginkább bölcsész fellegvárként szokta a közvélemény számon tartani. Milyen volt ott az élet „dögésként”?**

Az Eötvös Collegiumot azzal a céllal alapították 1895-ben, hogy tanárjelölteket fogadjon, méghozzá a tudomány minden területéről. Abban az időben nem is létezett még önálló természettudományi kar, csak bölcsészkar, így a reáliák is maguktól értődően beletartoztak a Collegium „skálájába”, ami a biológiától a nyelvészetten át a történettudományig mindent felölelt. A felvetteknek húsz-huszonöt százaléka lehetett természettudományi szakos. De hogy milyen harmonikusan éltek együtt a különféle tudományterületek, arra nem is kell jobb példa, mint hogy Eötvös Loránd, a Collegium alapítója maga fizikus volt, amint az első ötvenöt évből harminckettőn át igazgatóként dolgozó Bartoniek Géza is a fizika tanársegédeként kezdte a pályáját. Az per-

sze más kérdés, hogy a különféle szakokhoz különbözőképpen viszonyultak.

● **Hogyan viszonyultak a kémiához?**

A vegyészeknek speciális helyzetük volt. Abban az időben a természettudományos szakra jelentkezőket vagy matematika-fizika, vagy biológia-kémia szakpárra vették fel, amit akkoriban természetrajz-vegytannak neveztek. Az én szakpárom, a kémia-fizika ritkaságnak számított. A kémiára mint főszakra azért akadt kevés példa az Eötvös Collegiumban, mert a vegytan kísérletigényes tantárgy. A Collegium hatalmas könyvtárral rendelkezett, ezért a collegiumi tanári kar azt szerette, ha a collegisták nem nagyon mászkáltak az egyetemre, hanem ott helyben tanultak, dolgoztak. Laboratórium viszont nem állt rendelkezésre, így a kémikusoknak muszáj volt bejárni az egyetemre, hosszú laborgyakorlatokon kellett részt venniük, amit a többiek furcsálltak. De azért neves kémikusok kerültek ki a Collegiumból: például Zemplén Géza, aki az 1900-as évek elejének „nagy generációjához” tartozott, collegista társa volt Kodály Zoltánnak, Szabó Dezsőnek, Szekfű Gyulának. Müller Sándor, szintén neves kémikus a Ménesi útról került a műegyetemi Zemplén-laborba doktoranduszként. A nagyágyúk között tarthatjuk számon Szabó Zoltán Gábort, aki fizikokémikusként szerzett nevet magának, valamint az én tanáromat a Fasori Evangélikus Gimnáziumban, Vermes Miklóst, a híres Kossuth-díjas pedagógus-egyéniséget.

● **Ha a kísérletezésre nem is nyílt lehetőség a Collegiumban, mi volt mégis az a plusz, amit az intézmény a vegyészeknek nyújtani tudott?**

A híres nagy, hetvenezer kötetes könyvtár mindenki számára nyitva állt. De amellelt létezett egy „dögész-könyvtár” is, amelynek fejlesztését a klasszika-filológus Tomasz



Kucsman Árpád

Jenő aligazgató szívén viselte, ő ugyanis kifejezetten kedvelte a természettudományos hallgatókat, két fia is azzá lett, s az ő terveiben nem kevesebb szerepelt, mint egy laboratóriumi épületszárnyat emelni, ahol kísérleteket lehetett volna folytatni. Ez álom maradt csupán, a második világháború szertefoszlatta a szép laborépületi elképzeléseket, de azért sikerült nemcsak szinten tartani, hanem fejleszteni is a második emeleten egy szép teremben a matematika, fizika, kémia és biológia könyvek gazdag gyűjteményét. A nemzetközi mércével mérhetően is legjobb-

Megtanítottak minket arra, hogy nagyon szeressük a tudományt

„„nak számító tankönyveket szerezték be, erre nagy hangsúlyt fektetett a vezetőség, s a gyűjtemény gyarapításához számítottak a diákok véleményére is. Én például azért jegyeztem el magamat a szerves kémiával, mert ott olvastam Eugen Müllernek az elméleti szerves kémiáról szóló művét. De ott találtam az Emeléus-Anderson szerzőpárosnak a



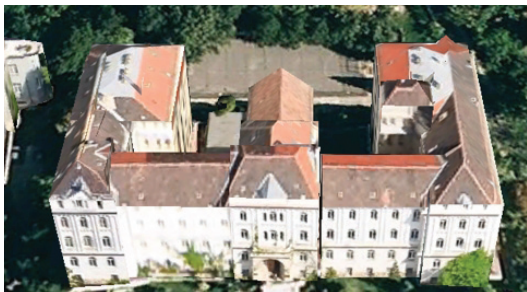
A Collegium épülete archív felvételen



modern szerves kémiai témákról szóló remek könyvét is. Elsősorban a tankönyvekből nyújtott különleges választékot ez a gyűjtemény. Ami a nagy könyvtárat illeti: a hetvenezres könyvtárban szabadpolcon sorakoztak a kötetek, éjfélig olvashattunk ott, viszont kívülről a könyveket nem volt szabad. Ezt a szabadpolcos rendszert egyébként magam is továbbvittem, amikor az ELTE szerves kémia tanszékén kialakítottam az ottani gyűjteményt, akkor nagy váltásnak számított, hogy a korábbi kulcsos, zárt szekrények helyett szabadon hozzáférhetővé tettem az olvasmányokat. Soha semmi nem tűnt el, semmilyen probléma nem történt a könyvekkel.

● A collegiumi tankönyvek kötelező vagy ajánlott olvasmányok voltak?

Az Eötvös Collegiumban nagyon kevés dolog volt kötelező. Az oktatás a kiscsoportos szemináriumokra épült, ami elsősorban a bölcsészeknek kínált igazi lehetőséget, pl. Kosáry Domokos történelem óráin vagy Gyergyai Albert francia kurzusain, a dögészeknek kevesebb ilyen órájuk volt. Heti kétszer matematikát hallgathattunk, de színvonalas volt a fizika oktatás is, egy időben Novobátczy Károly professzor volt a Collegium fizika tanára. Az én időmben, 1945 után pedig előadónak hívták meg Faragó Pétert, Bay Zoltán tanítványát, aki később Edinborough-ban lett egyetemi professzor. Ő a szó szoros értelmében kiscsoportos foglalkozást tartott, mert egyedül jártam az órájára – el lehet képzelni, milyen hatékony, intenzív képzést kaphattunk így! Ezek az órák kötelezőek voltak, de nem ezért jártunk oda. Én például azért kezdtem foglalkozni a röntgendiffrakciós vizsgálatokkal, mert akkoriban lett „divatos” eljárás, hogy így derítsék fel a kémiai szerkezeteket, s



A Menei úti épület madártávlatból



Az Eötvös Collegium kapuján csak többnapos felvételi „fejkopogtatás” után lehetett belépni a hallgatóknak

Faragó Péter óráin közösen olvastuk és értelmeztük egy holland szerző, Bijvoet erről szóló könyvét. S ami fontos volt még a Collegiumban: az intenzív nyelvtanulás.

● Mennyire tartott lépést 1945-48 között a Collegium az akkori aktuális nemzetközi kémiai kutatásokkal?

A tankönyvi anyag tekintetében teljességgel. Addig a német leíró kémiai oktatás dominált, s ekkor kezdte felváltani ezt az angolszász módszer, az elméleti kémia térhódítása, pl. Pauling és Ingold szellemében. Ezt a váltást egyébként Müller Sándor kezdeményezte, aki Rockefeller-ösztöndíjjal járt Angliában. Addig leíró módszerben a kémiai egyenleteknél a hagyományos lasszó egyenleteket használták, a kilépő csoportokat bekarikázták, húztak egy nyilat, s esetleg jelölték, hogy – H_2O . Az új elmélet azt is megmondta, hogy miként lép ki a víz, tehát a

reakció mechanizmusokat kezdte kutatni, s azon belül kitért a kémiai szerkezetre, az atomok közötti kapcsolatra, elektronszerkezetre is. Tehát a reakciókat ezzel a módszerrel – így az Eötvös Collegiumban olvasható könyvekben is – már nemcsak leírták, hanem meg is értették.

● Mit adott egy dögésznek a tanárképzés szempontjából a Collegium?

Be kell vallanunk, hogy keveset kaptunk a tanítás gyakorlati ismereteiből. De megtanítottak arra minket, hogy a tudományt nagyon szeressük, s áldozzuk az időnket a kritikai szellemű elmélyült búvárkodásnak a tudományban. Nekem nem volt más dolgom, mint hogy szeressem, s egyre jobban tudjam a kémiát. S hogy ebből milyen pálya kerekedik, tanári vagy kutatói, esetleg az életben más területen állja meg a helyét az ember, az szinte másodlagos kérdés volt. **Gózon Ákos**

A KÉMIAI PANORÁMA

MAGYAR KUTATÁSI DÍJ

A sanofi-aventis/Chinoïn alapította Magyar Kutatási Díjat a fiatal magyar kutatónemzedék a kémia, molekuláris biológia, farmakológia és gyógyszerészet területén elért jelentős tudományos eredményei elismeréseként adják át immár 8. esztendeje. 2010-ben a „Nem kismolekulás megközelítések a betegségek kezelésében és megelőzésében“ témakörben vártak pályázatokat. Végül a több tucat pályázatot az eredmények tudományos súlya és a kutatás eredetisége alapján rangsorolták.

Pál Gábor egyetemi docens az ELTE Biokémiai Tanszékén működő, valamint az MTA Enzimológiai Intézet egyik kutató-

csoportjával együttműködésben a fehérjék irányított evolúciójával foglalkozó kutatásában a világon elsőként fejlesztett ki olyan reagenseket, amelyek jelentősen javítják az oxigénhiányos betegségek – szívinfarktus, szélütés – utáni felépülést. A most díjat nyert kutatási eredmény sürgető voltát mi sem bizonyítja jobban, mint hogy a szív - érrendszeri betegségek, illetve a szív oxigénhiánnyal járó megbetegedései vezető helyen állnak a halálozási okok között, e kórképek kezelésére éves szinten mintegy 450 milliárd forintot költ az ország.

(forrás: weborvos.hu)

KETTŐS KÖTÉS

Kérdéseiket a következő e-mail címre: panorama@chemres.hu vagy hagyományos levélben a Kémiai Panoráma, MTA Kémiai Kutatóközpont, Pusztaszeri út 59-67., 1025 Budapest címre várjuk (a borítékra írják rá: „Kettős kötés”)

A vörösiszap-katasztrófával kapcsolatos kémiai fogalmak magyarázata

A vörösiszap-katasztrófáról tudósító hírekben sok olyan kifejezés jelent meg, amelyek jelentését nem magyarázták meg. Számos tudományosan alaptalan, hibás állítás is bekerült a hírekbe. Az ELTE Kémiai Intézet szakemberei azért készítették el ezt az összeállítást, hogy az segítséget adjon az érdeklődőknek és az eseményekről tudósító újságíróknak. Az összeállítást általános- és középiskolai tanárok is felhasználhatják óráikon, hogy a diákok megérthessék az események és hírek kémiai hátterét.

A kislexikon az alábbi linken érhető el: http://www.chem.elte.hu/system/files/ELTE_vorosiszap_lexikonja.pdf

A HÓNAP IDÉZETE

„Felfedezni valamit annyit tesz, mint látni, amit mindenki lát, és közben arra gondolni, amire még senki.”
Szent-Györgyi Albert

RE-AKCIÓ

KEMIKLIKK –
A HÓNAP FÉNYKÉPE

Élesztősejtek sorakozó! – Dr. Keresztes Zsófia (MTA KK) 100 μm x 100 μm-es atomi erőmikroszkópiai (AFM) felvétele

Legtöbben az élelmiszerekben lévő vegyszerektől félünk

Az Eurobarométer felmérése szerint az európaiakat jobban aggasztja az élelmiszerek vegyi szennyezettsége, mint a bakteriális szennyezés vagy az egészségügyi és táplálkozási kérdések. A megkérdezettek 31%-a „rendkívül aggasztó” kockázatként említette a gyümölcsökben, zöldségekben és gabonafélékben előforduló vegyianyag-maradványokat; 30%-uk a húsból előforduló antibiotikumokat vagy hormonokat és az élelmezési célra szánt állatok klónozását, 29%-uk a szennyezőanyagokat, például a halakban előforduló higanyt vagy a sertéshúsból található dioxint tartotta nagyon veszélyesnek.

További részletek a Magyar Élelmiszerbiztonsági Hivatal weboldalán: http://www.mebih.hu/attachments/633_Eurobarometer.pdf

Átadták a Pedagógus Kutatói Pályadíjakat

Tizennégy pedagógus vehette át a Magyar Tudományos Akadémián az idén tizenegyedik alkalommal megítélt Pedagógus Kutatói Pályadíjat. Az MTA főtitkára által három kategóriában adományozott elismerésben azok a főállású, legalább öt éve oktató középiskolai tanárok részesülhetnek, akik kutatói munkásságukkal hozzájárulnak egy adott kérdéskör alaposabb tudományos megismeréséhez.

A kémia területén Kardon Ferenc, a Kölcsey Ferenc Gimnázium tanára

Vegyes karbamidsav/
ditiokarbamid sav anhidridek előállítása szililkarbamidatok vagy szilil-ditiokarbamidatok segítségével és az Alkoximok és iminek előállítása szililkarbamidatok segítségével című pályamunkáiért részesült elismerésben.

(forrás: mta.hu)



közösségi oldala

Magyar Kémiaoktatásért díj 2010

Négy kémiatanár vehette át kiemelkedő szakmai munkásságáért a Magyar Kémiaoktatásért díjat a Magyar Tudományos Akadémián. A tizenkettedik alkalommal kiosztott, személyenként 250 ezer forinttal járó elismerést idén Mostbacher Éva (Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnázium, Pécs), Elekné Becz Beatrix (Jedlik Ányos Gimnázium, Csepel), Veres Ildikó (Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szakközépiskola, Debrecen) és Szórád Endre (Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium, Zenta) vehette át - közölte a díjat alapító Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémiaoktatásért.

Az alapítvány háromtagú kuratóriuma a díjat olyan középiskolai és általános iskolai kémiatanároknak ítéli oda minden évben, „akik évtizedeken át tartó áldozatos munkájukkal jelentősen hozzájárulnak a magas színvonalú szakképzéshez, a tehetséges diákok felkarolásához, ezáltal az utánpótlás-neveléshez” - olvasható a közleményben.

(forrás: hvg.hu)

EZ MIND KÉMIA?

Az MTA Kémiai Kutatóközpont, a Tudástársadalom Alapítvány és a Pro Scientia Aranyérmesek Társasága pályázatot ír ki a fenti címmel a Lángész program keretében (TÁMOP 4.2.3 KMR/1/2008-0006) középiskolás csoportok részére kémiai, illetve egyéb természettudományos témákhoz kapcsolódó kísérletek megfilmesítésére.

A feladat: Alakítsatok 4-5 fős csapatokat, válasszatok egy vezető tanárt, aki segíségekre lesz! Találjatok ki egy érdekes kísérletet, legyen az kémiai, fizikai, vagy egyéb természettudományhoz kapcsolódó jelenség, mely beindítja a fantáziátokat. Merítsetek ötleteket a Kémiai Panoráma című folyóiratból! (www.kemiaipanorama.hu) Tanári segítséggel tervezzék meg a kísérletet! A megvalósítást rögzítsék bármilyen video felvevő eszköz segítségével (kamera, mobiltelefon)! Szükség esetén a felvételen utómunka megengedett. Töltsétek fel a videót a www.howyourscience.hu oldalra -- ahol további információt találtok a versenyről és a díjakról is --, és töltsétek ki a hozzá tartozó adatlapot! A kísérletek kizárólag tanári irányítással valósíthatók meg.

Határidő: 2011. április 20.

ÉSZBONTÓ előadás-sorozat

Középiskolások számára az anyag sok(k)oldalúságáról, az anyagi világ és az azt megismerő gondolkodás fejlődéstörténetéről, az emberiség gyermekkorától napjainkig nemcsak a természettudományos területen továbbtanulni szándékozók számára tervezett, demonstrációs kísérletekkel egybekötött, szintézis jellegű előadás-sorozat szól az anyag szerveződéseről, a szerkezet - tulajdonság - felhasználás

logikai kapcsolatáról, a folyamatok önszerveződéséről és egymásra építéséről, a kémiai törvények fizikai hátteréről, az egyszerűbb élettani folyamatok kémiai hátteréről. Az előadásokat kéthetente péntek délutánonként 16 órai kezdettel tartjuk az ELTE Kémiai Intézet 065-ös számú előadótermében (XI. kerület Pázmány Péter sétány 1/A).

március 11. Igény és fedezet

március 25. Távolsági elektronátrendező-dés

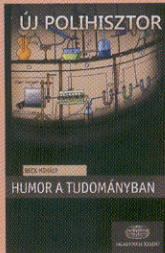
április 8. Reverzibilitás

április 29. Önrendező szerkezetek

május 13. Az elektronok színháza záró

Észbont(ogató) show

További információ: <http://www.chem.elte.hu/pr/eszbonto.html>



Lapozgató – könyvajánló két kísérlet közé

A napokban jelent meg Beck Mihály vegyész, akadémikus Humor a tudományban című könyve az Akadémiai Kiadó gondozásában. A szerző szerint egy kutató nagyságát talán az jellemzi legjobban, mennyire tud nevetni saját gyengeségein. „Nagyon fontos a tudományban a humor, hiszen addig ismeretlen kapcsolatot tárhat fel két látszólag távoli dolog között.”

PROGRAMAJÁNLÓ

ÉSZBONTOGATÓ foglalkozás-sorozat általános iskolások számára az anyag sok(k) oldalúságáról, az anyagi világ és az azt megismerő gondolkodás fejlődéstörténetéről, az emberiség gyermekkorától napjainkig A 7.-8. osztályos korosztály számára tervezett, kísérletekre épülő, előadásrészleteket tartalmazó, együtt gondolkodás az anyagok sokféleségéről, egy-egy anyag

„sokoldalúságáról”, a sokoldalúság okáról, a kémiai reakciók törvényeiről, a kémiai „titkosírás és jelbeszéd” szabályairól. Az előadásokat kéthetente péntek délutánonként 16 órai kezdettel tartják az ELTE Kémiai Intézet 065-ös számú előadótermében (XI. kerület Pázmány Péter sétány 1/A). Az előadások látogatása ingyenes. Előadó: Dr. Róka András főiskolai docens.

március 4. Atomi építészet

március 18. Reakciótípusok

április 1. Kémia és energia

április 15. A folyamatok egymásra épülése

május 6. Konyhakémia

május 13. Az elektronok színháza záró Észbont(ogató) show

További információ: <http://www.chem.elte.hu/pr/eszbontogato.html>

KÖVETKEZŐ SZÁMAINK TERVEZETT TARTALMÁBÓL:

Joe Gal: Pasteur és a sztereokémia

Lendvayné Győrik Gabriella: 2. kutatótábor (folytatás)

Nemes László: Einstein és a kémia

Pálinkás Gábor: Molekulák szintézise távoli világokban

Telegdi Judit: Nano- és mikrokapszulák - a természetből vett minták

Vékey Károly: Tömegspektrometriai alkalmazások a mindennapokban

Munkatársaink

Rovatvezetők

Héja László (kémia a biológiában)

Lopata Antal (kémiai informatika)

Paszternák András (pályázati figyelő, reakció)

Tárkányi Gábor (kémia az iparban)

Tunyogi Tünde (események, évfordulók)

Varga Szilárd (szerves kémia)

Wayand Judit (kémia az oktatásban)

E szám szerzői

Bacsó András

Gózon Ákos

Héja László

Irinyi György

Jakus Judit

Kis Anna

Kosárkó Tímea

Kőszegi Lídia

Kroto Sir Harold

Lendvayné Győrik Gabriella

Mohai Ilona

Mizsei Réka

Nemes László

Németh András

Nyulászi László

Pálinkás Péter

Panker Ádám

Paszternák András

Simonyi Miklós

Szépvolgyi János

Tunyogi Tünde

Varga Szilárd

Kémiai Panoráma

Felelős kiadó és főszerkesztő:

Pálinkás Gábor

Kiadja az MTA Kémiai Kutatóközpont

Kapcsolat: 1025 Budapest,

Pusztaszeri út 59-67.

e-mail: panorama@chemres.hu

Tördelés-képszerkesztés: Horák Ferenc

Szakmai tanácsadó: Gózon Ákos

Terjeszti: az ELTE Eötvös Kiadó Kft.

1053 Budapest, Királyi Pál u. 18.

www.eotvoskiado.hu

Terjesztéssel, előfizetéssel kapcsolatos információ:

megrendeles@eotvoskiado.hu

Nyomdai Munka: Cerberus Ofszet

és Digitális Nyomda



Pálinkás Gábor
főszerkesztő



Nemes László
szerkesztő



Simonyi Miklós
szerkesztő

