

Kémiai PANORÁMA

2012. évfolyam 2. szám (9. szám)

Ára: 690 Ft

A FÜSZEREK MOLEKULÁI

Kémia és földrajz

MÉRGEZŐ NÖVÉNYEK

Növényi mérgek

GYÉMÁNTOK

Kincs és nyersanyag

SZÓDAGYÁRTÁS

A vegyipar kezdete

A PAPÍR

Cellulóz és lignin

SZTEROIDOK

Veszélyes gyógyszerek

A CSOKOLÁDÉ

Istenek eledele



Kilencedik számunk elé

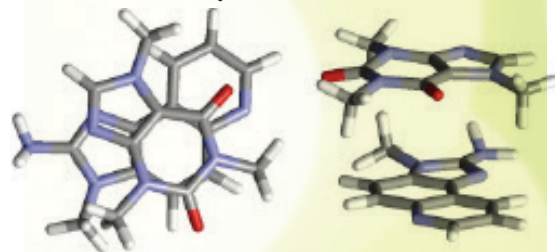
Kedves Olvasónk!

Örömmel nyújtjuk át folyóiratunk 9. számát Olvasóinknak. Im már bátran kijelenthetjük: a magyar nyelvű tudományos kommunikáció területén sikeresen eresztett gyökeret az a kezdeményezésünk, hogy a kémia tudományát és szakembereinek színes világát, közelebb hozzuk a nagyközönséghez. Kilencedik számunkban is szeretnénk bemutatni a kémia két, a nyilvánosság előtt talán kissé rejtett arcát. Az egyik: tudományágunk hétköznapi-közeli jellege. Ha elolvassák például szerzőink gasztronómiával vagy egészséggel kapcsolatos cikkeit, rögtön látni fogják: bár a kémia, mint tudomány az emberi kreativitás egyik sokoldalú megnyilatkozása, szellemi alkotásként egyik legteljesebb rendszere, mégsem elvont terület, hanem ezernyi szállal kapcsolódik a való világhoz. Nem is lehet másként, hiszen a valóságot írja le, illetve termékeivel annak alakításában játszik döntő szerepet. A kémia másik, mostani számunkból is megismerhető arca: a természetközelsége. Bár szokás elzárt laboratóriumokban, gyanús füstöt eregető kéményű vegyi üzemekben létrejövő tudásként, ill. iparágként számon tartani, ha Olvasóink végiglapozzák hatvan oldalunkat, a régi mondás átalakításával látni fogják: fűben, fában, vízben, földben, levegőben – benne van a kémia! Jó olvasást kívánunk, s szerkesztőségünk továbbra is várja észrevételeiket, véleményüket!

Szerkesztőség

4-9 Irodalmi szemelvények

Fullerénpalack, koffein és a rák, antibiotikum rezisztencia, a tanulás nem verseny, tacrolimus, illóolajok fertőtlenítőhatása – szemlézte Simonyi Miklós



10-14 A fűszerek molekulái

Kémia és földrajz – Simonyi Miklós



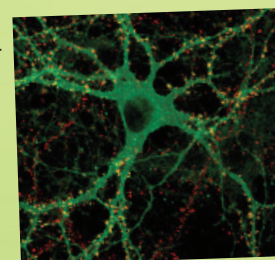
15 XII. Tudok

Kárpát-medencei döntő



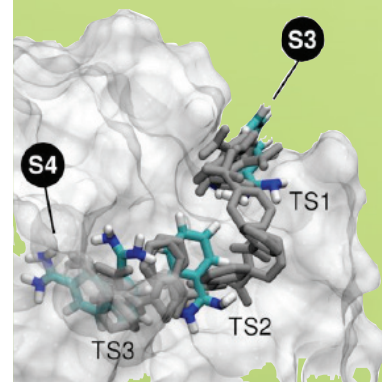
16-17 Távirányított idegsejtek

Elektromos ingerlés, fény, specifikus molekulák – Héja László



18-21 Molekulák mozgásban

Számítógépes szimuláció – Ferenczy György



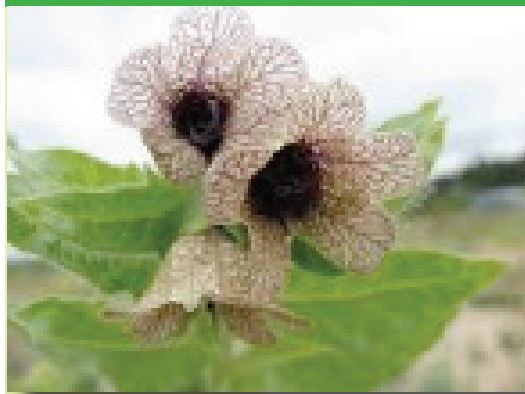
Köszönjük és várjuk a véleményeket

A Kémiai Panoráma 9. számát tartja kezében. Megköszönjük eddigi érdeklődését és leveleit, amelyeket a panorama@chemres.hu címre küldött. Az olvasói levél megerősít bennünket abban, hogy törekvésünk nem hiábavaló. Kérjük, hogy folyóiratunkat továbbra is kísérje figyelemmel, és tegye meg észrevételeit, javaslatait.

A szerkesztőség

A Kémiai Panoráma magazin az ÚMFT TÁMOP 4.2.3 KMR/1/2008-0006 pályázat keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap és az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával (3-6. számok), továbbá az MTA Kémiai Kutatóközpont (4-9.számok), az MTA Kémiai Osztálya (4-6. számok) és a Servier Gyógyszerkutató Intézet (5-8. szám) támogatásával valósult meg.





22-29 Mérgező növények

a méregkeverők jól tudták, hogy nem minden növény gyógyít – Gere Dóra

30-35 Gyémántok

Ásványok, kincsek, ipari nyersanyag – Nemes László



36-39 Szódagyártás

A vegyipar elindítói: Leblanc és Solvay – Horváth Dániel Vajk



40-43 A papír

Újrahasznosítással védjük az erdőket – Tárkányi Gábor



44-47 Üzemanyag cellák

Kémiai energiából
elektromos energia
– Bazsó Fanni Laura



48-51 Szteroidok

Gyulladáscsökkentő,
fogamzásgátló, netán doppingszer –
Varga Szilárd



52-54 A csokoládé

Az istenek eledele – Horváth Gergő



55 Fokhagyma

Gerezdekre szét-
szedve nem illatos – Kőszegi
Lídia



56-58 Re-akció



A Kémiai Panoráma közösségi oldala –
Paszternák András

59 Apáczais éremesői

Diákolimpiák helyezettei

A tudományos eredmény - akár a légkör szén-dioxid tartalma, vagy a szélvihar – nem ismer országhatárokat. Nagyon sok probléma megoldásán különböző országok kutatói együttműködve dolgoznak anélkül, hogy nemzeti büszkeségükön csorba esnék. Ez így ésszerű, hiszen ilyenkor a különböző tudások és kísérleti módszerek összeadódnak. Mégis ebben a szemlében olyan cikkeket ismertetünk, amelyek egy-egy nemzet kutatóinak eredménye. Az ilyen munkákat indokolhatja egy ország kultúrája, tudományos életének ébredése, valamilyen hagyományos téma művelése, a földrajzi adottság, egy tekintélyes iskolához tartozás, stb.

Palack egy magányos vízmolekulának

Jönnek a kínaiak . . .

Több mint 40 évvel ezelőtt a magyar labdarúgó válogatott a mexikói labdarúgó-világbajnokságra való kijutásért Csehszlovákiával szemben játszott döntő mérkőzést. A meccset 1969. december 3-án Marseilleben rendezték meg, ahol a magyar csapat 4:1-es vereséget szenvedett és története során először nem kvalifikálta magát a világbajnokságra. Ennek a mérkőzésnek a tudósításából vált máig ismertté Szepesi György mondanása: „Jönnek a csehszlovákok, jönnek a csehszlovákok!”.

A tudományos ismeretek felfedezésének versenye nem két fél között megy

végbe, és nem jelent kiesést senki részére. De mégis feltűnő, hogy újabban mennyi kiváló eredmény jön létre kínai kutatóhelyeken. Egy ilyen eredményről számolunk most be.

Angewandte Chem-Int Ed, 2010, 49, 9935-9938.

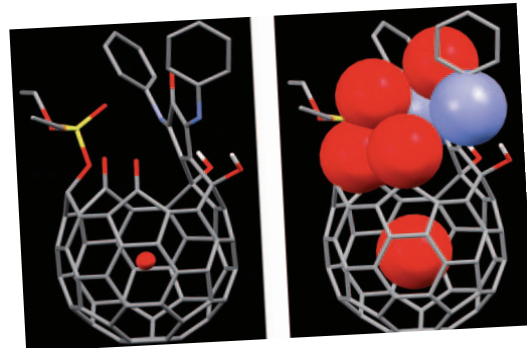
A fullerének belső ürege elég nagy ahhoz, hogy molekulákat fogadjon be, ha megfelelő méretű nyílás áll rendelkezésre a gömbalakú molekulán.

Amennyiben a nyíláshoz egy dugó szerepét játszó csoportot illesztünk létrejön egy palack, ami képes egyetlen molekulát magába foglalni. Az utóbbi évtizedben a fullerén molekula kalitkájának kinyitására vonatkozó ismereteink

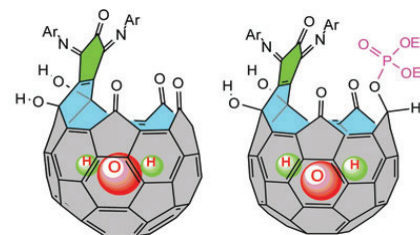
bővültek, azonban mindezeig nem sikerült a nyílás befedésére alkalmas és eltávolítható dugót találni.

A fullerén gömb kinyitását egy peroxidos eljárás teszi lehetővé, ami a nyílás körül reakcióképes karbonilcsoportokat hoz létre. Egy karbonil reakciója trietilfoszfittal foszfát csoportot képez, ami bázikus közegben eltávolítható.

Számítások szerint a foszfát nélküli szerkezetből való távozáskor a vízmolekulának 106 kJ/mol értékű energiáját kell legyőz-



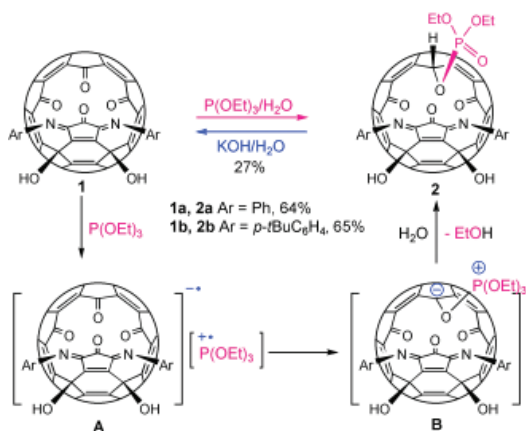
A fullerénben lévő magányos vízmolekula egykristály Röntgen-szerkezete:
vörös ~ oxigén, sárga ~ foszfor, kék ~ nitrogén, szürke ~ szén, fehér ~ hidrogén



Magányos vízmolekula a fullerén-palackban a foszfát csoport kialakítása előtt és után

nie, a foszfátcsoport jelenléte az energiáját 129 kJ/mol értékre növeli meg.

Végül bemutatjuk az 1970-es mexikói világbajnokság hivatalos labdáját, ami igazolja, hogy a fullerénnek köze van a labdarúgáshoz:



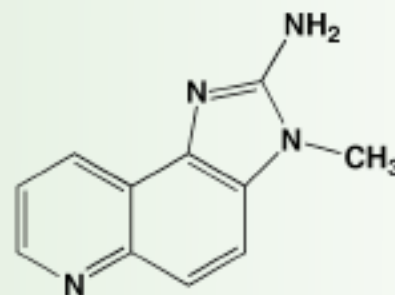
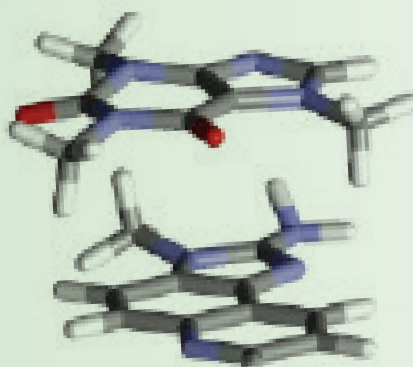
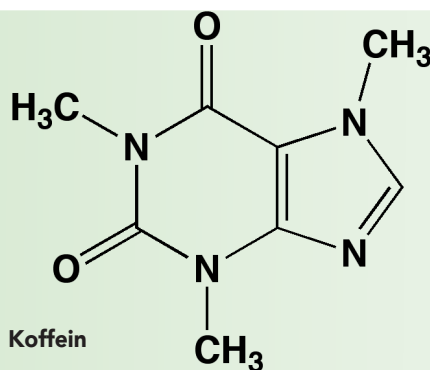
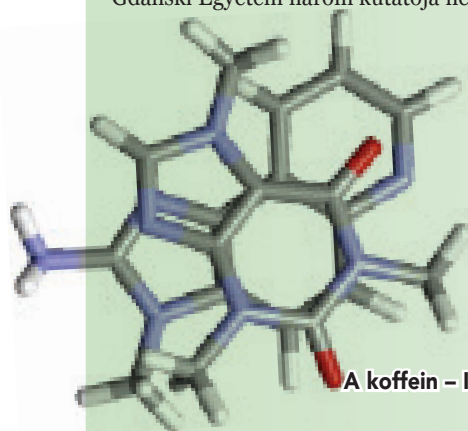
A fullerén-palack előállítás



A koffein és a rák

... és a lengyelek ...

A koffein és a vele rokon metilxantin vegyületek a kávéval, teával és csokoládéval nagy mennyiségben fogyasztott alkaloidok, amelyeket egyes rákos megbetegedések szempontjából időnként kockázati tényezőként is emlegetnek. A Gdanski Egyetem három kutatója nem-



A koffein – IQ komplex térbeli szerkezetének szemléltetése

rég igazolta, hogy valójában ezek a metilxantinok védőhatást biztosítanak a hús és hal 150°C feletti sütésekor keletkező rákkeltő heterociklusos aminokkal szemben.

Bioorg Chem, 2011, 39, 10-17

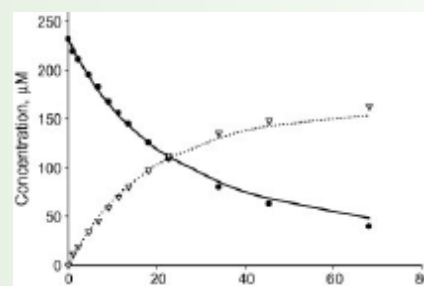
Genetikai károsodást okozó (mutagén) vegyületek (pl. 2-amino-3-metilimidazo kinolin, IQ) kis koncentrációban előfordulnak az esővízben, cigarettafüstben és kipuffogó gázokban is. Szerkezetünk ezekből a káros anyagokból naponta 0,4 – 16 mikrogramnyi mennyiséget vesz fel, míg a koffein napi felvétele ~ 190 mg-ra becsülhető.

Mind a koffein, mind a mutagén vegyületek sík szerkezetűek. Köztük másodlagos kötések által létrehozott komplexek képződését mutatták ki, amelyekben a vegyületek párhuzamosan egymás fölé rendeződnek (stacking complexes).

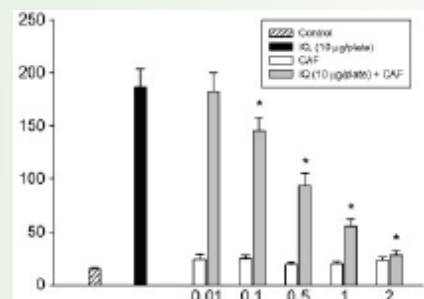
A komplexképződés egyensúlyi folyamat, melynek során a koffein koncentráció növekedésével egyre kevesebb mutagén vegyület marad szabad állapotban. Az asszociációs egyensúlyi állandó értéke $\sim 100 \text{ M}^{-1}$, ami nem túl magas, de láttuk, hogy az átlagos koffein fogyasztás a mutagén felvételnek több mint tízezerszerese, így az egyensúly a komplexképződés irányában van eltolva.

A biológiai védőhatást sejtenyészen ellenőrizték. Mikroszkóp alatt megszámlálták az IQ hatására mutálódott sejteket növekvő koffein koncentráció függvényében.

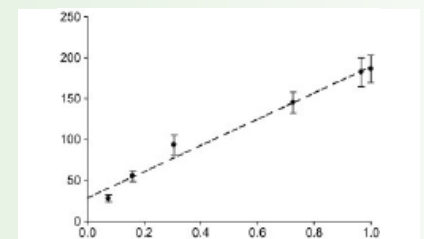
További kísérletekben azt igazolták, hogy teofillin (megtalálható a teában) és pentoxifillin (gyógyszer) is hasonló védőhatást fejt ki nemcsak az IQ, hanem egyéb káros heterociklusos aro- más aminokkal szemben is.



Szabad (—) és komplexált (....) IQ koncentráció a koffein / IQ molhányados függvényében



Mutálódott sejtek száma tenyésztő tálanként a koffein koncentráció (mg / tál) függvényében



Mutálódott sejtek száma tenyésztő tálanként a szabad IQ moltörtjének függvényében

Antibiotikum rezisztencia

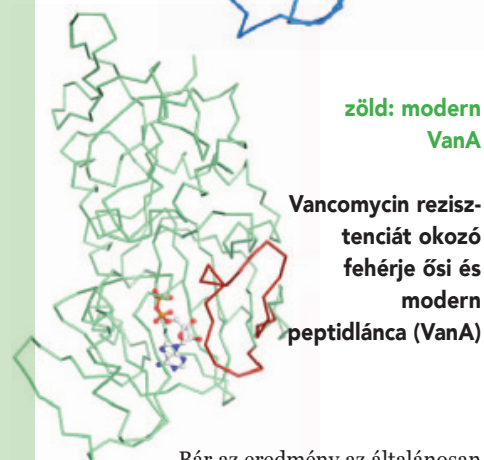
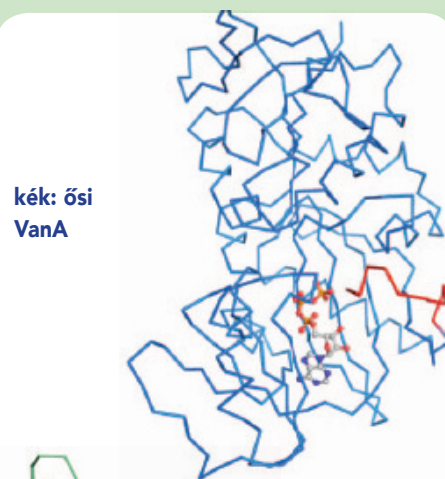
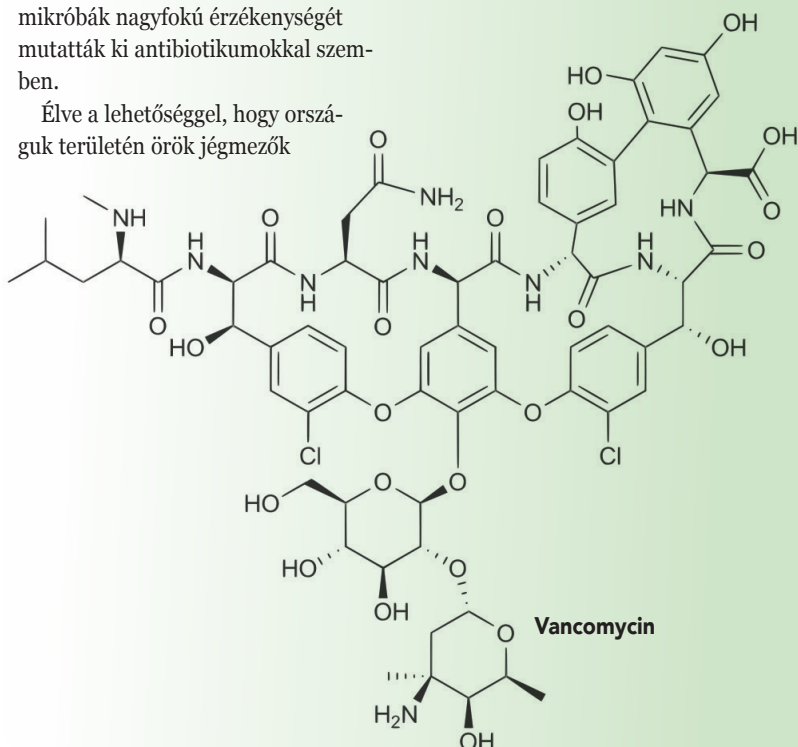
... és a kanadaiak ...

Az antibiotikumok kora a penicillin gyógyító alkalmazásának felfedezésével kezdődött; az erről szóló első tudományos közlemény a Lancet folyóirat 1941. augusztus 16-i számában több mint 70 évvel ezelőtt jelent meg. Az idők során az antibiotikumok alkalmazása széles körben elterjedt a humán- és állatgyógyászatban, valamint a mezőgazdaság területén. A kezdeti lelkesedést az alkalmazások területén lehűtötte a rezisztens mikrobák megjelenése. Az általánosan elterjedt nézet szerint a jelenség újabban jelent meg és abban áll, hogy a kórokozók „megtanulják” olyan olyan törlendő védőanyagok szintézisét, amelyek segítségével ellenállnak az antibiotikumoknak. Ezt a véleményt megerősítették azok a kísérletek, amelyekben az antibiotikum-kor előtti időből származó mikrobák nagyfokú érzékenységet mutatták ki antibiotikumokkal szemben.

Élve a lehetőséggel, hogy országuk területén örök jégmezők

találhatók, a McMaster Egyetem (Hamilton, Ontario) kutatói jégbe fagyott üledékből ősi DNS-t izoláltak amelyből géneket azonosítottak (Nature online, doi:10.1038/nature10388). A mintavétel helye az USA Alaszka felé eső határához közel fekvő Dawson City (Yukon tartomány) volt.

Az üledék mintákat radiokarbon kor-meghatározással 25300-tól 30000 évesnek találták és igazolták, hogy keletkezésük óta nem olvadtak meg. A mintákat körültekintő gondossággal megóvták attól, hogy modern DNS-sel, vagy génnel szennyeződjenek. A belőlük kifejlesztett rezisztencia elemek azt igazolták, hogy antibiotikum rezisztencia már 10000 évvel ezelőtt is létezett. Legmeggyőzőbben ez a glikopeptid antibiotikum vancomycin példáján mutatható be.



Bár az eredmény az általánosan elterjedt hiedelemmel szemben váratlan, a természetes eredetű antibiotikumok megjelenése több 10 millió évvel ezelőttre becsülhető. Az antibiotikum rezisztencia ősi eredetét Kelet-Szibéria jégmezőiből származó minták vizsgálata is megerősíti.



A tanulás nem verseny!

... és az amerikaiak, a tudományban vezető nemzet ...

Az Egyesült Államokban és másutt is az iskolában a fiatalokra nehezedő kényszer sok ígéretes életet tesz tönkre. Amellett, hogy bénító szorongást okoz és csalásra csábít, a verseny elveszi az ismeretszerzés örömét. Az egy év óta érdeklődést kiváltó film: *Verseny a Semmibe* az amerikai fiatalok körében dokumentálja a „tanulj, hogy átmenj a teszten” oktatási filozófia következményeit. A film bemutatja a fiatalok tömegét érintő nyomást, hogy emelt szintű osztályokba járjanak, tudományos versenyeket nyerjenek, kitérjenek művészetekben, sportban, vagy egyéb területen annak érdekében, hogy bejussanak néhány rangos egyetemre ame-

lyeket az iskolák és a szülők lényegesnek ítélnék a sikeres élethez. A motiváció vizsgálata világossá teszi, hogy a helyezésekre és teszt eredményekre összpontosított figyelem tönkre teheti az adott tárgyban rejlő érdekességet. Bizonyos, hogy egyes fiatalok önmaguktól is szenvedélyesen tanulnak és képesek a legszigorúbb vizsgákon is átmenni. De sok potenciális Nobel-díjas már a középiskolában szakít a tudományokkal, amelyekhez a viszonya pusztán a vizsgák letétele, ahelyett, hogy az adott tárgy érdekes kérdésein gondolkozhatna. Ennek nem kellene így lennie, de a változáshoz számos szinten összehangolt erőfeszítésre lenne szükség.

A sikeres élethez nem szükséges olyan diploma, amit 10 egyetem egyikén szereztek. A középiskolákat nem diákjainak elit egyetemre bejutó hányada szerint kellene értékelni, hanem annak alapján, hogy mennyire segítik őket az érdeklődésüknek, ill. céljaiknak megfelelő továbbtanulás megválasztásában. A rangos egyetemeknek demonstrálniuk kellene igényüket szenvedélyesen tanulni vágyó diákokra és csak kevésbé a tesztek

eredményeinek összeszámlálására.

Sok tanárnak egyszerű elveket kellene követnie, hogy a diákok érzelmileg kötődjenek a tanuláshoz: a tantárgy kapcsolódjon a diák személyes életéhez és érdeklődéséhez, a diákok vegyenek részt bonyolult problémák megfogalmazásában és megoldásában, végezzenek kísérleteket, vitassák meg azok eredményét, dolgozzanak kollektívában, legyen lehetőségük jobb érdemjegyek elérésében a tesztek és dolgozatok újra megírásában, figyelmük a tudás és készségek fejlődésére irányuljon, ami részesüljön elismerésben a legalacsonyabb szinten is.

Az iskolák olyan házfeladatokat adjanak, amelyek megoldásához a szorgalmas diáknak nem kell éjszaka fennmaradnia, tervezzenek szüneteket a nagyobb tesztek között. Figyeljenek a diákok érzelmi igényeire és tájékoztassák a szülőket számos továbbtanulási lehetőségről, ha a diákok körében szeszteszt érzélelnék, erről tájékoztassák a tanügyi szereket. Ajánljanak diákjaiknak olyan kurzusokat, ahol teljesítmény-kényszer nélkül szerezhhetnek tudományos ismereteket.

A világ gyorsan változik. Probléma megoldási készségek és a kritikai értékelés sokkal fontosabbá váltak, mint a válaszolás képessége standard kérdőívek tipikus kérdéseire. Van a tanulásnak és tanításnak értékes módszere, ami fejleszti a diákok érdeklődését és intellektuális képességeit, ugyanakkor csökkenti a járványossá váló bénító szeszteszt (National Research Council, *Engaging Schools: Fostering High School Students' Motivation to Learn*, National Academies Press, Washington, DC, 2003).

Ha figyelünk arra, amit valóban tudunk, végrehajthatunk olyan változtatásokat, amire az ifjúságnak szüksége van ahhoz, hogy egészséges és produktív életet éljen.

Deborah Stipek
A Stanford Egyetem Nevelési
Karának dékánja



Tacrolimus

... és az indiaiak ...

Szervátültetés esetén a másik egyedből (donorból) származó szervet az immunrendszer idegenként ismeri fel, és megtámadja, ami a szerv kilökődésével jár.

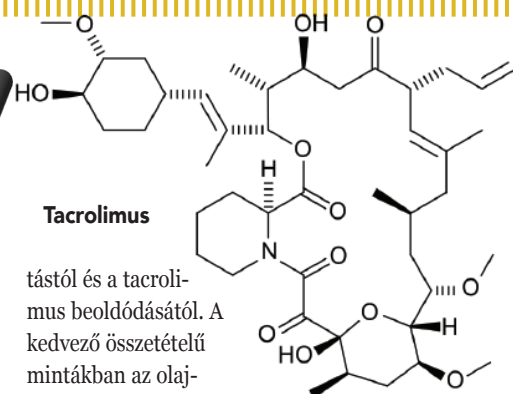
Transzplantációkor ezt a reakciót immunszuppresszív gyógyszerek adásával akadályozzák meg. Az egyik leghatásosabb ilyen szer a tacrolimus. A szerv kilökődéséért alapvetően a T-limfociták aktivációja felelős. A tacrolimus egy ún. FK506-kötő fehérjéhez kötődik, a kialakult komplex egy foszfatáz enzim működését gátolja, ami a T-sejtek aktivációjának egyik lépéséért felelős, s ezen keresztül a kilökődési folyamat gátolható. A tacrolimus mintegy 100-szor hatékonyabb az ugyancsak alkalmazott cyclosporinnál. Mindkettő u.n. makrolid (nagy tagszámú gyűrűt tartalmazó) antibiotikum amelyeket talajban élő gombák termelnek, cyclosporint a *Tolypocladium inflatum* Gams, míg tacrolimust a *Streptomyces tsukubaensis*.

A tacrolimus alkalmazását azonban korlátozza rossz vízoldékonysága (5-8 mg/l), aminek javítására számos kísérlet történt (pl. olajban történő oldás, alkalmazás szilárd diszperzióban, cyclodextrinnel történő komplexálás, adagolás liposzómákban), de a bélből

való felszívódás nem javult eléggé. A Bombay Egyetem Gyógyszerész Karának munkatársai egy új módszert alkalmaztak a gyógyszer felszívódásának javítására: spontán mikroemulziót képező rendszert (Self-Microemulsifying Drug Delivery System = SMEDDS) fejlesztettek ki (AAPS PharmSciTech, Vol. 9, No. 1, DOI: 10.1208/s12249-007-9014-8).

Az olaj a vízben SMEDDS kialakításához 4 olajos fázist, 10 detergenst és 5 segéd-detergenst próbáltak ki. Vizsgálták a tacrolimus oldhatóságát különféle olajokban, detergensekben és vízben. Különböző detergens koncentrációknál fázisdiagrammokat vettek fel annak megállapítására, hogy milyen arányoknál jön létre spontán emulzió.

Meghatározták, hogy a mikroemulzió olajcseppjeinek mérete hogyan függ az olajtartalomtól, a vizes fázis pH-jától, a hígítól



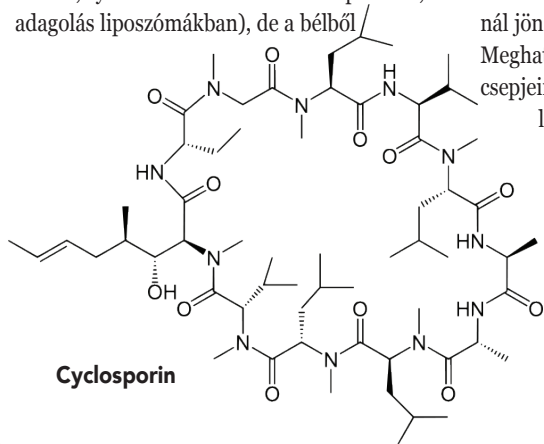
Tacrolimus

tástól és a tacrolimus beoldódásától. A kedvező összetételű mintákban az olajcseppek méretét 25 nm-nél kisebbnek találták, amit nem befolyásolt a különböző pH értékeknél elvégzett hígítás. A SMEDDS mintákat értékelték a gyógyszer kioldódásának alapján összehasonlítva azt a tiszta gyógyszerrel és forgalmazott gyógyszer kapszullákkal.

A tacrolimus bevitelére kialakított optimalizált spontán mikroemulziós rendszer kiemelkedő stabilitást mutatott: 90 napi tárolás után sem a gyógyszer tartalom, sem a mikroemulzió olajcseppjeinek mérete nem változott. A kifejlesztett SMEDDS összetételét a táblázat mutatja.

Végül a legfontosabb tulajdonság, az *in vivo* hatékonyság vizsgálatát is elvégezték. Az immunszuppresszív hatás a T-limfociták szaporodásának leállításával, azaz e sejtek számának a vérben mérhető csökkenésével értékelhető. Megállapították, hogy a tacrolimus tartalmazó spontán mikroemulziós rendszer lényegesen gyorsabban csökkenti a T-limfociták számát, mint a forgalomban lévő Pangraf™ kapszullák.

A fenti fejlesztés eredménye talán nem látványos, de a nagyszámú változó miatt rendkívül sok és alapos munkát igényelt, amit csak nagyon fegyelmetten kutatók voltak képesek végrehajtani.



Cyclosporin

Az optimalizált spontán mikroemulziós rendszer összetétele	
Összetevők	Mennyiség (mg kapszullánként)
Cremophor EL (detergens)	160
Carbitol (segéd-detergens)	80
Capmul MCM C8 (olajos fázis)	60
Tacrolimus	5



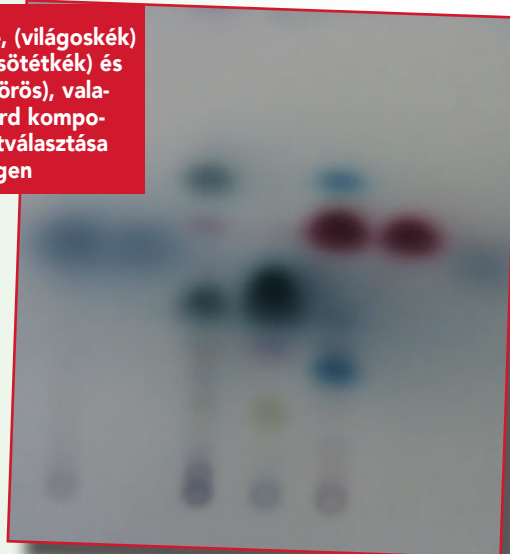
Illóolajok fertőtlenítő hatása

... és a magyarok ...



Kakukkfű- és fahéj olaj antibakteriális hatásának kimutatása (sárga foltok) meticillin-rezisztens *Staphylococcus aureus*-szal szemben

Eukaliptusz-, (világoskék) levendula- (sötétkék) és mentaolaj vörös), valamint standard komponenseik szétválasztása vékonyrétegen



A Wiley kiadó rendszeresen tájékoztat a folyóirataiban megjelent legérdekesebb cikkekről (Hot Papers). Ezek között szerepelt egy olaszországi konferencián elhangzott előadás anyaga is: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffj.1993/full> (Flavour and Fragrance Journal, 25: 178–182. doi: 10.1002/ffj.1993)

A Pécsi Egyetemen az 1920-as években indult el a karotinoidok kutatása (lásd: „Mitől piros a paprika” című cikkünket a Kémiai Panoráma 1. számában), ami a mai napig töretlenül folytatódik. Ennek az iskolának egy oldalhajtásaként fiatal kutatókból nemrég alakult egy illóolajokkal foglalkozó csoport. A fenti hivatkozás az ő munkájukat ismerteti.

Az illóolajoknak növényi és humán mikroorganizmusok elleni antibiotikus hatása iránt növekszik az érdeklődés,

azonban a mikróbák elleni védőhatásra alkalmazott vizsgálatok eredménye egymásnak ellentmond. Ennek fő oka az, hogy a teszteket hidrofil (vizes) közegben végzik, az illóolajok pedig nem oldódnak vízben. A pécsi kutatók olyan módszert dolgoztak ki, amely kombinálja a vékonyréteg kromatográfiát az u.n. bioautográfiával. A módszer lényege az, hogy a mikroorganizmusokat nem Petri csészében, hanem vékonyréteg lapokon tenyésztik, amelyeken az illóolajokat komponenseikre lehet szétválasztani és az egyes komponensek antimikrobiális hatását szelektíven meghatározni.

A vizsgálatokat kakukkfű-, levendula-, eukaliptusz-, menta- és fahéj olaj esetében hajtották végre. A növényi mikróbák *Pseudomonas syringae* pv. *Phaseolicola*, és *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*, míg a

humán kórokozók *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus* és meticillinnel szemben rezisztens *Staphylococcus aureus* voltak, amiket az egyetem Mikrobiológiai Intézetének klinikai mintáiból izoláltak.

Az illóolajok vékonyréteg kromatográfiás szeparálását és az autobiográfia eredményét az ábrák mutatják.

A vizsgálatok megállapították, hogy a kakukkfűolaj és fő komponensei (timol, karvakrol), valamint a fahéj olaj és fő komponense (eugenol) antibakteriális hatást fejt ki valamennyi vizsgált növényi és humán mikróbával szemben. A kidolgozott módszer egyszerű, megbízható és reprodukálható eredményeket ad.

A dolgozat jó összhangban van az orvosi gyakorlattal (lásd: „Kakukkfű” című írásunkat a Kémiai Panoráma 5. számában).

Szemlélte: Simonyi Miklós

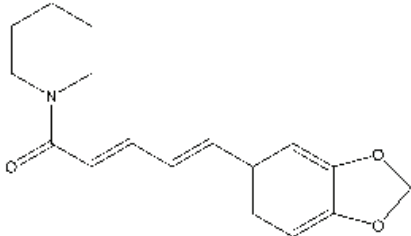
A fűszerek molekulái,

a történelem fűszerei



A bors

Feltehetően arab kereskedők révén került a bors Európába ókori karavánúton és a Vörös-tengeren át. A görögök már az i. e. V. században ismerték, náluk a gyógyítást szolgálta, mert mérgek ellenanyagának tartották. Ételek ízesítésére a rómaiak használták először. Az i. u. 1. évszázadban a Földközi-tenger felé irányuló importnak több mint a fele fűszer, főként bors volt. Felhasználása kettős célt szolgált, ízesítést és tartósítást, mivel az utóbbi célra a hűtést még nem ismerték. A Róma városának méretéhez képest lassú szállítás és a friss élelem iránti nagy kereslet megoldást sürgetett: a bors segített



A fekete bors (*Piper nigrum*). A csípős ízt adó molekulát, a piperint 1819-ben a dán fizikus és kémikus, Hans Christian Ørsted (1777-1851) izolálta először. Ørsted nevét az általa felfedezett mágneses indukció cgs egysége (Oe) őrzi. A piperin biológiai hatását az utóbbi évtizedekben több csoport is vizsgálja.

Christos e espicarias! – azaz Krisztus és fűszerek! Így kiáltottak fel diadalmasan Vasco da Gama matrózai 1498. májusában, amikor megpillantották India földjét és felsejlett előttük a fűszerektől származó mérhetetlen gazdagság, ami addig a keresztes hadjáratok alatt meggazdagodott Velence évszázados monopóliuma volt.



Calicut (Kozhikode) India délnyugati partján (forrás: Wikipédia)

elfedni a romló élelmiszer szagát, talán még a további romlást is lassította. A szárított, füstölt és sózott ételek is fogyaszthatóbbá váltak fűszerezés után.

A középkor kezdetére a keletről jövő kereskedelmi utak a Fekete-tenger déli partján keresztül Isztambul

A fűszerek iránti igény a felfedezések korának hajtóereje lett

felé haladtak, ahonnan a szállítmányok hajón érték el Velencét, a fűszerek európai kereskedelmét biztosító várost. A középkori Európa néhány országa a borsot hivatalos pénzként használta. Egy fontnyi bors (45 dkg) értéke elég volt egy jobbággy felszabadításához. A fűszerek

iránti igény a felfedezések korának hajtóereje lett, mert számos uralkodó a gazdag Velencét elkerülő alternatív utakat keresett, akár Afrika megkerülésével is. Így jutott el a portugál Vasco da Gama Indiába 1498-ban.

Az indiai Calicut (ma Kozhikode) város a középkorban a keleti fűszerek kereskedelmének központja volt; arab kereskedőkkel már az i.u. 7. században üzletelt. A tartomány uralkodói aranyat kértek a borsért cserébe, ami a portugál hajósoknak nem volt inyére. 5 évvel később da Gama feygyve-



Portugália címere és gyarmatbirodalma 1500 után





Az Indonéziához tartozó Maluku szigetek



Szerecsendiófa (*Myristica fragrans*)



Levél és termés

rekkel tért vissza, leverte az ellenállást és ellenőrzése alá vonta a bors kereskedelmét. Ez volt a Portugál birodalom kezdete, amely keleti irányban Afrikától Indonéziáig, nyugatra Braziliáig terjedt.

Calicut elfoglalása 150 évre biztosította Portugália számárs a bors kereskedelmét. A XVII. századra azonban a fűszerkereskedelmet már nem az uralkodók pénzelték, így az arra kényszerült, hogy önfenntartó legyen. 1600-ban Londonban megalakult a Brit Kelet-indiai Társaság,

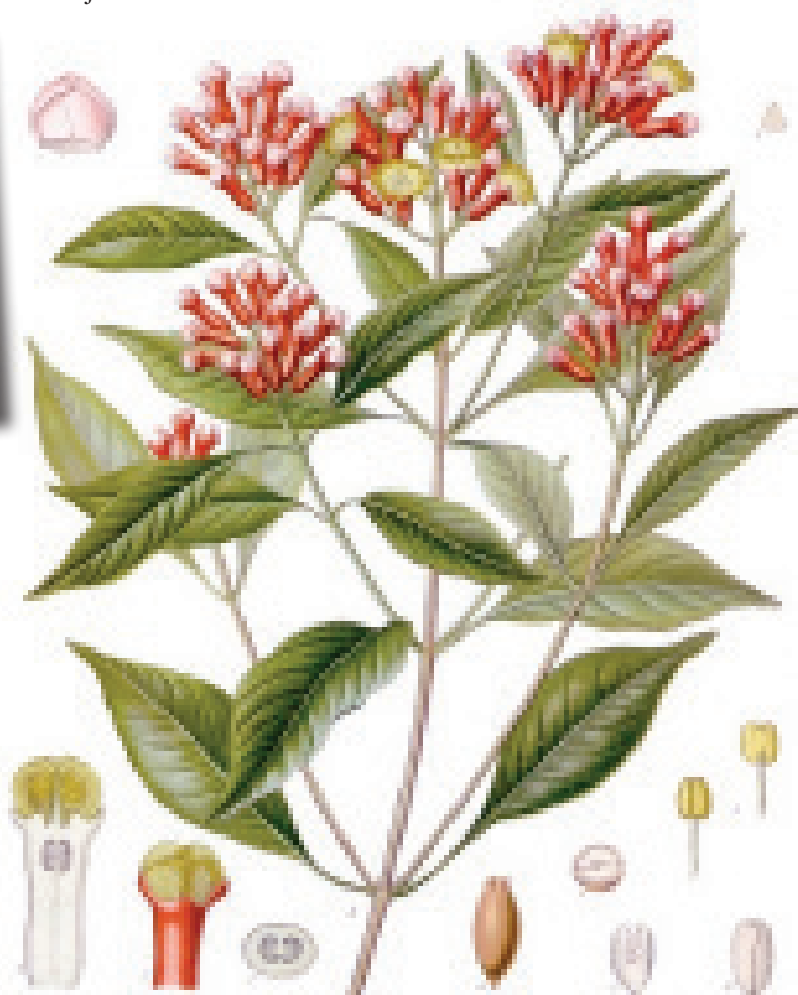
amit 1602-ben a Holland Kelet-indiai Társaság követett. A fűszerek kereskedelme rövidesen az angolok és hollandok vetélkedésének színtere lett. Az angol kereskedők a hosszú hajóútak kockázata-



A szegfűszeg cserje (*Eugenia aromatica*)



A szegfűszeg cserje szárított virága

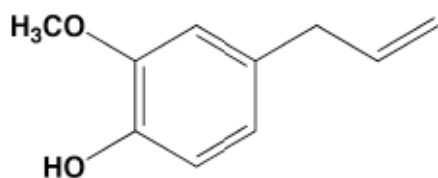


A szegfűszeg cserje friss virága
Forrás: wikipedia.org/wiki/Clove

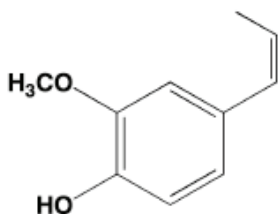
it azzal csökkentették, hogy a költségeket többen viselték a bors-szállítmányban való részesedés (share) reményében. Ez a gyakorlat hamarosan a Társaság részvényeinek megvásárlásáig fejlődött, s így némi túlzással a borsnak, azaz a piperin molekulának a mai tőzsdei kereskedelem megalapítását is tulajdoníthatjuk.

Szerecsendió és szegfűszeg

A szegfűszeg és szerecsendió jóval ritkábbak voltak a borsnál, de hasonlóan értékesek. Termőterületük a Fűszer-szigetekként ismert Maluku szigeteire korlátozódott, amelyek Celebes és Új-Guinea között helyezkednek el. A szegfűszeg cserje (*Syzygium aromaticum*, vagy *Eugenia aromatica*) a Ternate és Tidore szigeteken termett,



Eugenol a szegfűszegben



Isoeugenol a szerecsendióban

míg a szerecsendió fája (*Myristica fragrans*) csak a Banda szigeteken.

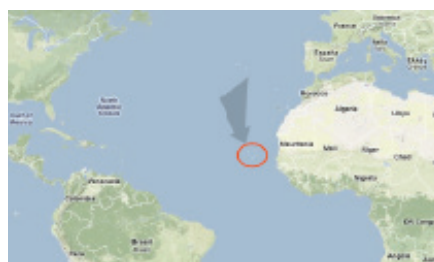
A két fűszer illatanyagai kémiailag nagyon hasonlóak: a szegfűszeg szagát a növényről elnevezett eugenol adja, a szerecsendióban isoeugenol található.

A szerecsendió örleményét régóta használták Kínában, reumás és gyomorpanaszokra északon, hasmenés ellen délen. Európában nyakban hordva védekeztek az 1347-ben először leírt Fekete halál, a pestis ellen. Nem lehetetlen, hogy az isoeugenol elriasztotta a bubópestis kórokozóját hordozó legye-

ket, hiszen a fűszermolekulák természetes peszticidként védték meg a növényeket az állati kártevőktől. A szegfűszeg ízesítés mellett ugyancsak keresett volt gyógyító hatása miatt. A Han-dinasztia idején a kínai császár elé járuló alattvaló szegfűszeget rágott, hogy lehelete friss legyen. A pestisjárvány idején a velencei doktorok szegfűszeget is tettek a maszkjukban lévő fűszerkeverékbe. Száj- és garatüreg nyálkahártya-gyulladásaira, valamint fogfájás enyhítésére máig is használják.

A fűszerkereskedelem karavánújtjai Indián, Perzsián, Arábián és Egyiptomon keresztül vezettek, és az árúk tucatnyi kézen keresztül jutottak el Európába. Minden egyes résztvevő megduplázta a fűszerek árát, így nem csoda, hogy a Portugál-India kormányzója Afonso de Albuquerque ezen változtatni akart. Keletre hajózva tovább, 1512-ben elérte a Maluku szigeteket és portugál monopóliummá tette a velük való kereskedést.

1518-ban a portugál uralkodó kegyeiből kiesett hajós, Ferdinand Magellan felajánlotta szolgálatait a spanyol koronának. Azzal érvelt, hogy a keleti útvonal helyett nyugati irányban is elérhetők a Fűszer-szigetek. A spanyolok ezen az úton elkerülhették a portugál kikötőket



A Zöld-foki szigetek



Magellan Föld-körüli útja

Hihetetlen, hogy a fűszerek molekulái mire tették képessé az embereket

és élhettek VI. Sándor

pápa dekrétumával, ami Portugáliának ítélte az összes nem-keresztény földet a Zöld-foki szigetektől keletre, míg Spanyolországnak az összes nem-keresztény földet a Zöld-foki szigetektől nyugatra. Mint ebből látható, a Vatikán még nem fogadta el, hogy a Föld gömbölyű. Magellán ezt tudta, de nem ismerte a Dél-Amerika és Ázsia között elterülő óceán valódi méretét. Elnyerve a spanyol uralkodó támogatását, 1519. szeptember 20-án 5 hajóval és 265



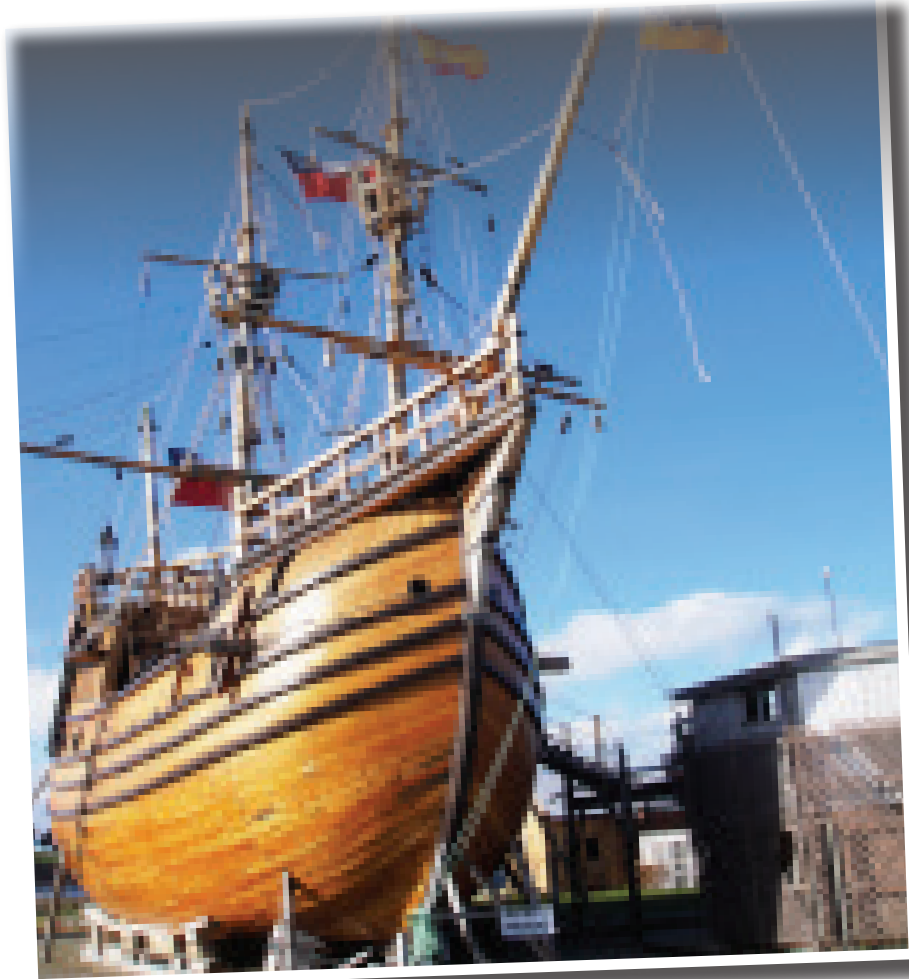
Dél-Amerika keleti partvidéke

<http://www.lapshin.org/cultivar/N19/PIC/South-America-map.jpg>



A Magellán-szoros

wikipedia.org/wiki/Strait_of_Magellan



Magellán utolsó hajója, a Victoria (másolat, Nao Victoria Museum, Punta Arenas, Chile)

Forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/Nao_Victoria_Museum

főnyi légénységgel elindult Föld-körüli útjára.

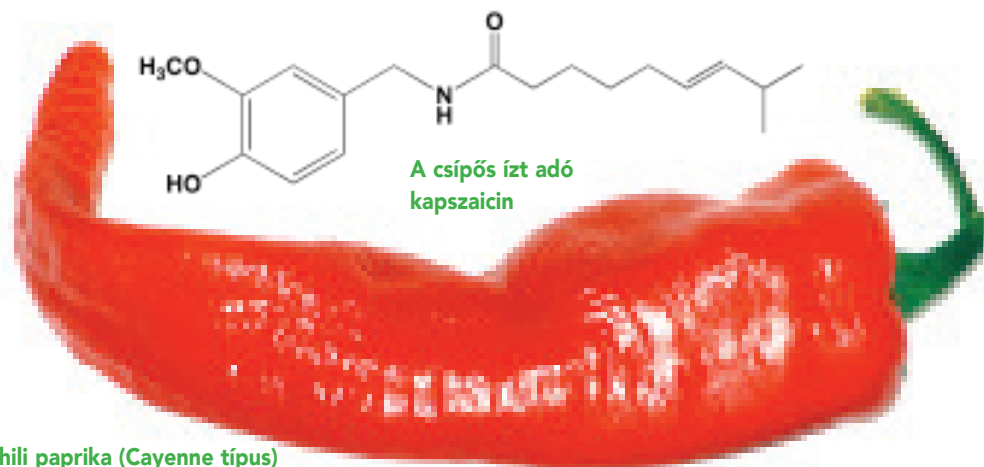
Magellán Dél-Amerika keleti partjai mentén délre hajózott óvatosan kerülve a portugál Braziliát. Első csalódását az okozta, amikor 1520. január 10-én a mai Buenos Aires közelében elérte a Rio de la Plata 200 km széles tölcserőrtorkolatát, ami nem bizonyult a kontinens déli határának. Bízva a másik óceán felé vezető átjáró elérésében, tovább hajózott dél felé, de az 50. szélesség táján a jeges idő, háborgó tenger, a veszélyes sziklás parton elvesztett hajó és egy levert lázadás hatására úgy döntött, hogy megáll és átvészeli a déli telet.

1520. októberében négy hajóval folytatták útjukat és novemberben elérték a szorosot. Magellán két

hajóját küldte az átjáró felderítésére, de egyik hajója megszőkött és a készletek fogyása miatt többen is vissza akartak fordulni. Magellán azonban három hajó-

val tovább ment nyugat felé. A nyugodt víz láttán a tulsó óceánnak a Csendes Óceán nevet adta. A további hajózás a mintegy húszezer km távolságban lévő Fűszer-szigetek felé az élelem és víz hiánya miatt rosszabb volt, mint az előzmények. 1521. március 6-án kötöttek ki Guam szigetén a három hajóval, az éhezés és skorbut által meggyötört 150 fő légénységgel, de megmenekülve a biztos haláltól. Tíz nappal később érték el a Fülöp-szigetekhez tartozó Mactan szigetet, ahol Magellán a bennszülöttekkel vívott összetűzésben elesett. Maradék légénysége elérte a már csak 1000 km-re fekvő Ternate szigetet, a szegfűszeg otthonát. 1522-ben, három évi hajózás után Magellán utolsó hajója, a Victoria behajózott a Guadalquivir folyón keresztül Sevillába 18 fő légénységgel és 26 tonna szegfűszeggel és szerezsendióval.

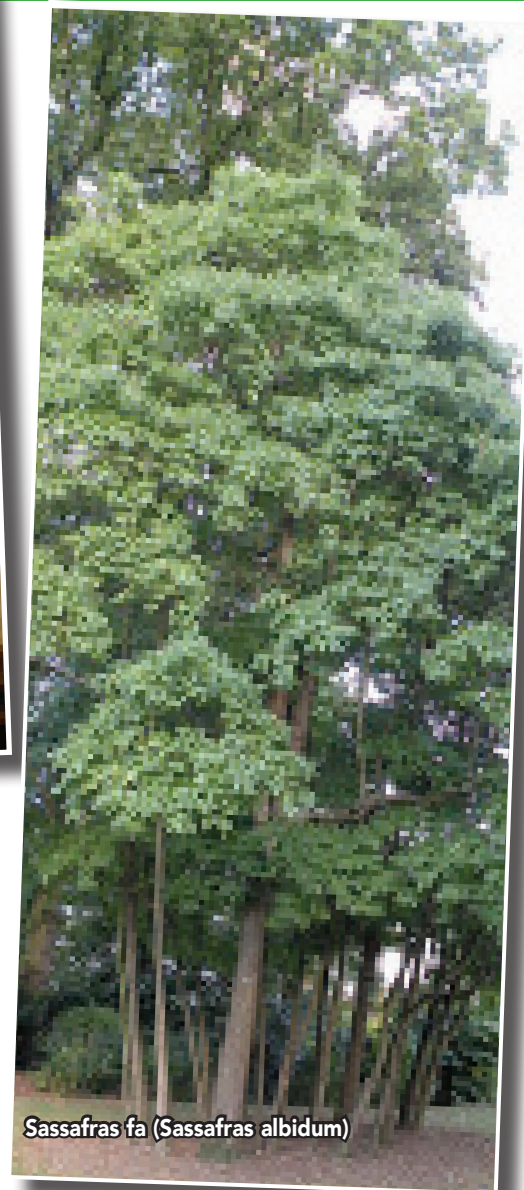
A XVII. században a portugálok és spanyolok vetélkedését a fűszerkereskedelem terén holland és angol vetélkedés váltotta fel, ami két háborúhoz is vezetett. A hollandok uralták a Banda szigeteket egyetlen kivétellel: a legkisebb, mindössze 3 km hosszú Run sziget az angoloké volt, de itt termelt a legtöbb szerezsendió. A háborúknak 1667-ben a Bredában kötött egyezmény vetett véget: a hollandok megkapták Run szigetét, cserében lemondtak a fűszerek szempontjából értéktelen Manhattanról. Így lett New Amsterdamból New York a Yorki Hercegről elnevezve, aki 1685-től Anglia királya lett.



Chili paprika (Cayenne típus)



Gyömbér gyökér, forrás: Wikipedia



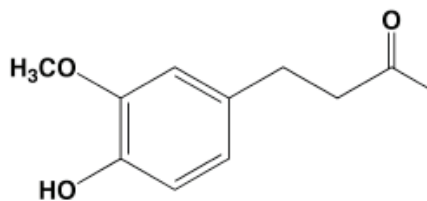
Sassafras fa (*Sassafras albidum*)

Egyéb fűszermolekulák

Columbus is Indiába készült, amikor Amerikát felfedezte, de nem találva nagy városokat és gazdag királyságokat, a területet Nyugat-Indiáknak nevezte el. A második útjáról chili paprikával tért haza, de ez a fűszer Európában nem lett annyira népszerű mint a többi földrészen. A chili a magyar paprikával azonos faj (*Capsicum annum*), de jóval csípősebb, ízét a capsaicin adja, amelynek aromás gyűrűje megegyezik az eugenol és isoeugenol gyűrűjével.

Ugyanilyen gyűrűt tartalmaz a gyömbér (*Zingiber officinale*) ízét adó zingerone molekula.

A legtöbb fűszernövény tartalmaz még két hasonló szerkezetű vegyületet,



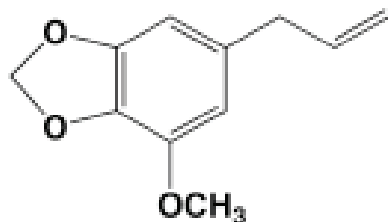
Zingerone

myristicint és elemicint.

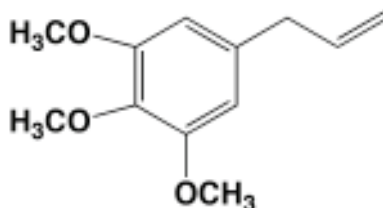
Egy további rokonszerkezetű vegyület az Észak-Amerika keleti tájain termő Sassafras fák olajából kivont Safrol ami csak egy metoxi csoport hiányában különbözik a myristicintől, de fűszerként nem használható, mert rákkeltő.

Ennek kereskedelméért legalább nem kellett megküzdeni.

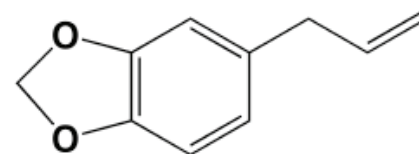
Simonyi Miklós



Myristicin



Elemicin



Safrol



Források:

Penny Le Couteur, Jay Burreson: Napoleon's buttons: 17 molecules that changed history, Penguin, New York, 2004, © 2003 by Micron Geological Ltd. [http://en.wikipedia.org/wiki/Run_\(island\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Run_(island))



A XII. TUDOK kárpát-medencei döntője

A Puskás Tivadar Távközlési Technikum április 13-án és 14-én immáron másodszer adott otthont a Tudományos Diákkörök Országos Konferenciája (TUDOK) elnevezésű vetélkedő kárpát-medencei döntőjének.

Tizenkét évvel ezelőtt, 2000-ben ugyanis itt rendezték meg a TUDOK első döntőjét. Ezen a zászlóbontó tudományos seregszemplén részt vett annak elindítója és elnöke, Dr. Csermely Péter professzor és Dr. Pálkás József államtitkár, aki jelenleg a Magyar Tudományos Akadémia elnöke. A tizenkét évvel ezelőtti, hagyományt teremtő esemény emlékét azóta is őrzi egy napóra a Technikum falán, a fizika laboratórium felett.

A TUDOK elindulása óta töretlen népszerűségnek örvend a tudományos kutatásokat folytató és az azok iránt érdeklődő középiskolás diákok körében. Ezt igazolja a konferencia idén megrendezett XII. döntője. Az idei TUDOK 12 szekcióban zajlott, és a két nap alatt összesen 106 előadás végighallgatására nyílt lehetőség.

A kétnapos konferenciát számos neves vendég tisztelte meg a részvételével. A megnyitón többek között jelen volt Dr. Szendrő Péter professzor, az Országos Tudományos Diákköri Tanács elnöke, a gödöllői egyetem korábbi rektora; Révész Tamás, a Kutató Diákokért Alapítvány elnöke; valamint Szenczi András, a Kutató Diákok Országos Szövetségének elnöke. Az eredményhirdetésen, illetve a konferenciának emlékét állító kő felavatásán részt vett Dr. Csermely Péter professzor, a Nemzeti Tehetségsegítő Tanács elnöke, a TUDOK elindítója és elnöke is.

A teljesség igénye nélkül a következő zsűritagok emelték közreműködésükkkel a konferencia fényét:

Dr. Telek Miklós, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanára, az informatika – műszaki tudományok – robotika szekcióban a zsűri elnöke;

Dr. Wajand Judit, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kémia Intézetének nyugalmazott egyetemi docense;

Dr. Orbán Erika, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Szerves Kémiai Tanszékének tudományos munkatársa;

Katona Kálmán villamosmérnök, volt közlekedési, hírközlési és vízügyi miniszter, a közgazdaságtan – szociológia szekció zsűrielnöke;

Sum István, a SZTÁV Zrt. vezérigazgatója, a közgazdaságtan – szociológia szekció zsűritagja;

prof. dr. Grósz Andor orvos dandártábornok, a Honvédkórház katonai főigazgató-helyettese, az orvostudományi szekció zsűrielnöke;

Zádory Tibor főiskolai tanár, Budapest Főváros Önkormányzatának referense, az egészségügy szekció zsűritagja;

Gönczi Ambrus, a Ferencvárosi Helytörténeti Gyűjtemény vezetője; a helytörténeti szekció zsűritagja;

Dr. Forgács Anna Apáczai Csere János-díjas tanár, az Egressy Béni Zeneművészeti Szakközépiskola és Gimnázium vezetőtanára, az irodalom szekció zsűrijének elnöke;

Érdiné dr. Szekeres Rozália, a Vidékfejlesztési Minisztérium főosztályvezetője, a környezetvédelmi szekció zsűrielnöke;



Dr. Pap László, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanára, a matematika – fizika – csillagászat szekció zsűrielnöke;

Dr. Nagy Judit, a Merényi Gusztáv Kórház pszichiátriai osztályvezető főorvosa, a pszichológiai szekció zsűrielnöke.

A kémia – biokémia szekció zsűrielnöki tisztét Dr. Wajand Judit, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kémia Intézetének nyugalmazott egyetemi docense töltötte be. A zsűri egyik tagja Dr. Orbán Erika, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Szerves Kémiai Tanszékének tudományos munkatársa, másik tagja Alapiné Ecséri Éva, a rendező iskola, vagyis a Puskás Technikum fizika – kémia szakos tanára volt.

A szekcióban a következő előadásokra került sor:

Bajcsi Áron (Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium, Zenta):

A térhálós polimer tömegváltozásának vizsgálata különböző oldószerekben

Benyei Éva – Bódi Kata (Debreceni Egyetem Kossuth Lajos Gyakorló Gimnáziuma):

Édességek pro és kontra: színezőanyagok és antioxidáns tartalom

Érsek Gábor (Eötvös Loránd Tudományegyetem, Tiszaújváros):

Nanoszövet - egymásba fonódó polimer térhálók előállítását és vizsgálata

Kozák Olívia Krisztina (Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Gimnázium, Budapest):

Fehérjerétegek leválasztásának optikai vizsgálata bioszenzorikához

Nagy Viktória – Lukács Fanni (Fényi Gyula Jezsuita Gimnázium és Kollégium, Miskolc):

A fehérjék „játéka”

Patus Eszter (Batthyány Lajos Gimnázium, Nagykanizsa):

Poliamid-6,6 termoanalitikai vizsgálata zeolit katalizátorok jelenlétében

Várad Eszter (Dobó István Gimnázium, Eger):

Algináttal kapszulázott fémionok diffúziójának és stabilitásának vizsgálata

Zabihi Arashk – Balogh Alex (Ady Endre Líceum, Nagyvárád):

A tej hamisításának kimutatása

A szekció nagydíját Várad Eszter, első díját Érsek Gábor kapta. A díjazottak az értékes tárgyjutalmak mellett a felvételnél beszámítható többletpontokkal is gazdagodtak.

Távírányított idegsejtek

A biológiában, csakúgy mint más tudományokban, a vizsgált rendszer feletti minél teljesebb kontroll a kutatók kívánságlistájának örök dobogós helyezettje. Ennek érdekében számtalan, a maga korában sci-fi-be illő eszköz született a tudomány történetében.

Az agykutatásban - és különösen a neuronális hálózatok működésének tanulmányozásában - az egyik, különös jelentőségű kontrollálható paraméter az idegsejtek ingerelhetősége. Ennek befolyásolására számtalan eszközt fejlesztettek ki és jelenleg is folyamatosan növekszik a rendelkezésre álló módszerek száma. A szóba jöhető módszerek széles tárháza egyben szépen példázza azt is, hogy ugyanazon probléma megoldására a különböző tudományterületek, mint például a fizika, a biológia és a kémia egyaránt képesek hatékony, de természetesen egészen különböző eszközöket kifejleszteni.

Fizika és genetika

Az idegsejtek ingerlésének klasszikus, hosszú időn át egyetlen módja az elektromos ingerlés, vagyis a fizikai hatáson alapuló aktiválás volt. Mindez nem meglepő, hiszen az idegsejtek maguk is alapvetően elektromos (és természetesen kémiai) jelek útján kommunikálnak egymással. Az elektromos ingerlésnek azonban sok hátránya is van, elsősorban az, hogy az elektromos jel természetéből fakadóan könnyen terjed egy olyan vezető közegben, mint a sejteket körülvevő folyadék, azaz az extracelluláris tér. Így az ingerlés nem korlá-

tozható egy megfelelően kiválasztott kis területre, specifikus sejtekre vagy sejtcsoportokra.

Ennek a hátrálynak a kiküszöbölésére született meg a biológiai alapú ingerlés, aminek során specifikus fehérjéket építenek be mesterségesen, genetikai módszerekkel a sejtbe. A leggyakrabban használt ilyen specifikus fehérjék a channelrhodopsin-2 és a halorhodopsin. A channelrhodopsin-2 egy Na^+ iont áteresztő

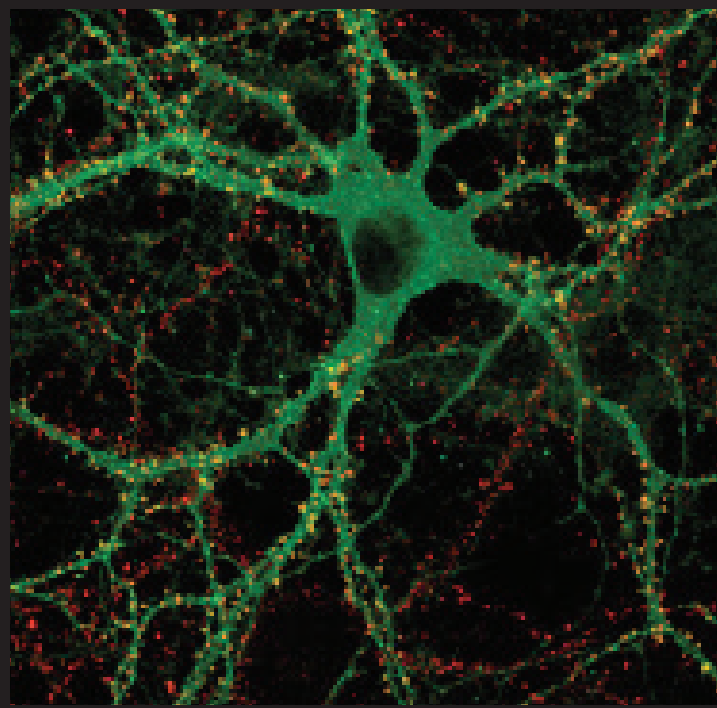
Ma még messze vagyunk a magassabb rendű agytevékenységek közvetlen befolyásolásától

ioncsatorna, ami kék fény hatására nyílik ki. Mivel az idegsejtek aktiválódása („kiszülése”) természetes körülmények között is Na^+ ion beáramlás hatására következik be, a

channelrhodopsin-2 csatornán keresztül beáramló Na^+ ionok tüzelésre serkentik az idegsejtet. Ezáltal lehetővé teszik a sejtek aktiválását. A teljes kontrollhoz azonban szükség van egy olyan módszerre is, amivel nem aktiválni, hanem ellenkezőleg, csendesíteni tudjuk

Channelrhodopsin-2 ioncsatornákat kifejező idegsejt, forrás: <http://channelrhodopsin.wikia.com>

a sejteket. A halorhodopsin szintén egy ioncsatorna, ami a channelrhodopsin-2-vel szemben egy másik hullámhosszon, sárga fényvel aktiválható és nem Na^+ , hanem Cl^- ionokat enged át. A Na^+ ionokkal szemben a negatív töltésű Cl^- ionok inaktiválják az idegsejtet. A mindkét csatornát tartalmazó sejteket tehát kék és sárga fényvel megvilágítva ki-be lehet kapcsolgatni. A rendkívül ötletes megoldás ellenére ennek is megvannak a maga hátrányai. Az egyik a genetikai beavatkozás szükségessége, amivel az említett rodopszin fehérjéket juttatják be a sejtbe. A másik hátrány az ioncsatornák fényvel történő aktiválása. A fény ugyan rendkívül sok jó tulajdonsággal bíró eszköz (mind térbelileg, mind időben nagyon pontosan lehet adagolni, nem roncsolja a szöveteket, stb.), és emiatt széleskörűen alkalmazzák, azonban nem képes elérni a mélyebben fekvő agyterületeket. A legfrissebben kifejlesztett – ezúttal már kémiai alapú – megoldások ezeket a hátrányokat kiküszöbölik ki.





A kapszaicin (pitos kúp) kötődésének hatására kinyílik a Na^+ ioncsatornát formáló vanilloid receptor

Távírányítás molekulákkal

Ha a fényvel történő aktiválás nem ad optimális eredményt, milyen más módon tudnánk aktiválni a sejtek ingerlésében szerepet játszó ioncsatornákat? Természetesen specifikus molekulákkal. Az ioncsatornák egy jelentős része ugyanis a hozzájuk specifikusan kötődő vegyületek (ligandok) hatására nyílik meg. Egy kismolekulát pedig akár milyen mélyre be lehet juttatni az agyba. Akár úgy, hogy megvárjuk, amíg bediffundál, akár úgy, hogy közvetlenül a kívánt helyre injektáljuk. Ahhoz, hogy kiaknázzuk az ebben rejlő lehetőséget, már csak egy megfelelő ioncsatorna-ligand párost kell találnunk. Természetesen nem alkalmazhatunk széleskörűen előforduló ioncsatornát, mert akkor a ligand bejuttatása sok más folyamatot is aktiválna, nem kizárólag azt, amit éppen vizsgálni szeretnénk. Egy kevésbé általánosan elterjedt, épp ezért esetünkben ideális megoldás lehet a vanilloid receptor. Ha ezt az ioncsatornát formáló receptort egy egér idegsejtjeibe juttatják és a receptor egy ligandját, a kapszaicint adagolják, (ez egyébként a csípős paprika erejét adó vegyület, lásd „A fűszerek molekulái” című cikkünket

ebben a számban) akkor izolált agyszeletben, de akár élő állatban is lehetséges a megcélzott neuron populációt kémiai úton aktiválni.

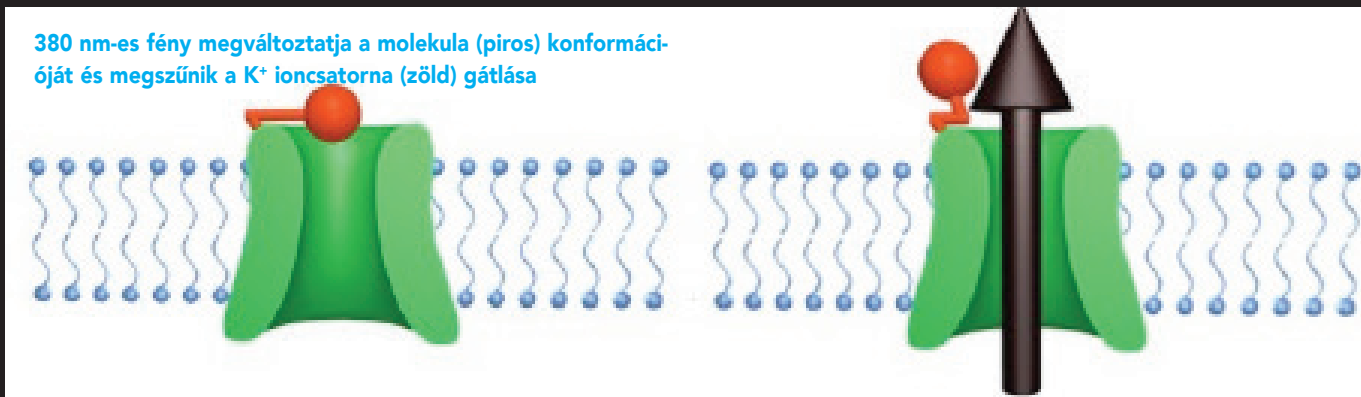
Ennek a módszernek is megmaradt azonban az a hátránya, hogy genetikai módosítás szükséges hozzá. A genetikai beavatkozások ugyan ma már rutinszerűen hajthatóak végre, azonban több probléma is adódik velük. Más módszerekkel összevetve meglehetősen időigényesek, drágák, és nem utolsósorban komoly szakértelmet igényelnek, ami többnyire csak speciálisan erre szakosodott laboratóriumokban elérhető. Sokkal egyszerűbben kivitelezhető lenne, ha a távírányítható sejteket egy normál, vad típusú állapotban helyben ki lehetne alakítani. A legújabb fejlesztéseknek köszönhetően már erre is van lehetőség. Ebben az esetben a neuronok ingerelhetőségének módosítását egy meglévő ioncsatorna átalakításával úgy érik el, hogy az ki-bekapcsolható legyen. Ezért egy specifikus molekulát adnak a rendszerhez, ami kovalens kötással a csatornához kötődik. Nyújtott állapotában a molekula feje épp úgy helyezkedik el, hogy bedugaszolja a csatornát. Amikor azonban 380 nm-es, az ultraibolya tartomány határán

lévő fénysugárral megvilágítják, akkor a molekula átrendeződik, „összehúzódik”, és ezáltal kihúzza a dugót a csatornából. Mivel a csatorna bedugaszolt állapotában a K^+ ionok nem tudnak kijutni a membránon, ezáltal a sejt nem képes többé tüzelésre. A besugárzás hatására azonban visszanyeri normál funkcióját.

Ezek az eredmények még messze vannak attól, amit a távírányítás szó sugall, vagyis az agyfunkciók – és különösen a magasabb rendű agytevékenységek – közvetlen befolyásolásától. Nem utolsósorban éppen azért, mert ma még meglehetősen korlátozottak abbéli ismereteink, hogyan jön létre egy komplex viselkedési forma egy adott agytevékenység aktiválását követően. Azonban éppen ez a terület, a neuronális hálózatok vizsgálata profitálhat majd a legújabb kémiai alapú fejlesztésekből azáltal, hogy egy-egy terület vagy adott sejtípusok ingerlését követően vizsgálja az erre kapott válaszokat. A távoli jövőben pedig akár valódi kétirányú agyi kapcsolatok alapjául is szolgálhatnak majd ezek a technikák.

Héja László
MTA Természettudományi
Kutatóközpont

380 nm-es fény megváltoztatja a molekula (piros) konformációját és megszűnik a K^+ ioncsatorna (zöld) gátlása



Mozgásban

Molekulák mozgásának számítógépes szimulációja kapcsolatot teremt mikroszkopikus tulajdonságok (atomok helyzete és sebessége) valamint makroszkopikus mennyiségek (hőmérséklet, energia) között. Emellett betekintést enged a jelenségek mögötti atomi szintű eseményekbe (ligandum-fehérje kötés kialakulása), ami segítséget nyújthat új vegyületek tervezéséhez.

A molekulák mozognak. Ezt mindannyian tudjuk, mégis gyakran igyekszünk – az egyszerűség kedvéért – eltekinteni ettől az alapvető sajátságuktól. Amikor beszélünk róluk, vagy megpróbáljuk szemléltetni őket, például a szerkezeti képletük leírásával, akkor tipikusan mozdulatlan „tárgyakat” képzelünk magunk elé. Ezt a képzetünket erősíti az is, hogy a molekulák, vagy azok sokaságának tulajdonságait is gyakran néhány számmal igyekszünk megragadni. Így például egy vízmolekula energiájaként az ún. alapállapot, vagyis a legalacsonyabb energiájú állapot energiáját adjuk meg. Hasonlóan, egy vízmolekulából álló rendszert néhány számmal igyekszünk jellemezni, például úgy, hogy megadjuk a molekulák számát, a rendszer hőmérsékletét és energiáját. Mindez hozzásegít minket kémiai rendszerek és jelenségek megértéséhez, és a róluk való kommunikáció egyszerűsítéséhez, de elkendőzheti, hogy a molekulák távolról sem mozdulatlan tárgyak, hanem ellenkezőleg, változékony szerkezetű objektumok, és tulajdonságaikat alapvetően meghatározza mozgékonyaságuk. Ez a mozgékonyaság magába foglalja egyrészt a molekulát felépítő atomok egymáshoz viszonyított helyzetének változásait, és a molekulák egymáshoz viszonyított mozgását is. A molekulák mozgékonyasága kulcsfontosságú. Gondoljunk a fehérjékre, amelyek nemcsak hogy sokféle konformációban létezhetnek, hanem egymással, vagy egy másik molekulával kölcsönhatva, lényegesen megváltoztatják alakjukat, és ez az alakváltozás szükséges funkciójuk ellátásához. Ilyen típusú jelenségre fogunk példákat mutatni az alábbiakban.

Molekulák mozgása a számítógépen -- molekula mechanika és molekula dinamika

A molekulák mozgékonyaságát különböző szinteken vizsgálhatjuk. A továbbiakban a molekulát felépítő atomok, és a molekulák egészének mozgásait fogjuk tekinteni, és nem fogunk beszélni az atomokat felépítő magok és elektronok változásairól. Az atomok mozgásait számításokkal modellezni tudjuk, és ezt igyekszünk a továbbiakban részletesebben kifejteni. Mielőtt magát a mozgást jobban szemügyre vennénk, tekintsük az atomok közötti kölcsönhatásokat, amelyek meghatározzák majd az atomok mozgásait. A kölcsönhatások leírásának

egyik célszerű eszköze a molekula mechanika [1], amely az atomokat tömeggel és általában töltéssel rendelkező pontoknak tekinti, és a rendszer energiáját (E_{tot}) a következő típusú kifejezéssel számítja

$$E_{tot} = E_{nyújt} + E_{hajl} + E_{torz} + E_{vdw} + E_{elekt} + \dots$$

ahol

$E_{nyújt}$ = atomok közötti kötések nyújtási energiája,

E_{hajl} = kötesszög hajlítási energia,

E_{torz} = torziós szög energia,

E_{vdw} = van der Waals energia (több mint 2 kötéssel elválasztott atomok között)

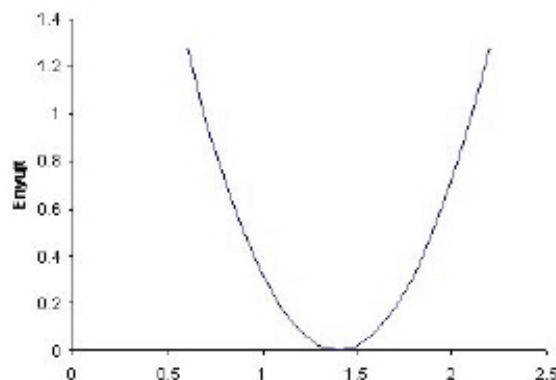
E_{elekt} = elektrosztatikus energia (több mint 2 kötéssel elválasztott atomok között)

Az egyes energia tagok egyszerű, gyorsan számítható paraméteres kifejezések. Vegyünk szemügyre néhányat közülük.

Például ,

$$E_{nyújt} = \frac{1}{2} k(r - r_0)^2$$

ahol k az erőállandó, r_0 az optimális kötészóssz és r az aktuális kötészóssz. A két atom közötti távolság (r) függvényében $E_{nyújt}$ egy parabola, amelynek minimuma az optimális kötészóssznál van (1. ábra).



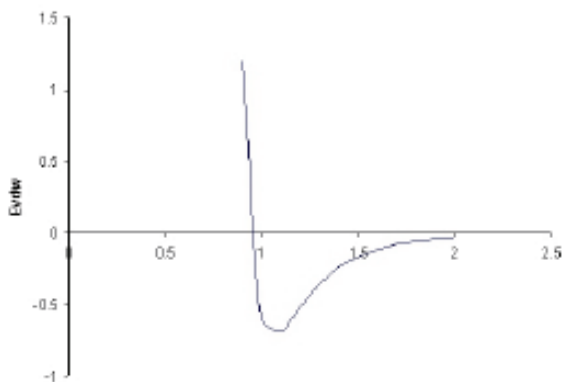
1. ábra: A kötési energia függése a kötés hosszától

Ugyanakkor két, egymástól legalább két kötéssel elválasztott atom között E_{vdw} és E_{elekt} tagok hatnak. E_{vdw} , az ún. van der Waals tag, amelynek gyakran alkalmazott alakja:

$$E_{vdw} = -\frac{A}{r^6} + \frac{B}{r^{12}}$$
, ahol A és B alkalmasan választott paraméterek, r pedig a két atom közötti távolság (2. ábra).



létező molekulák,

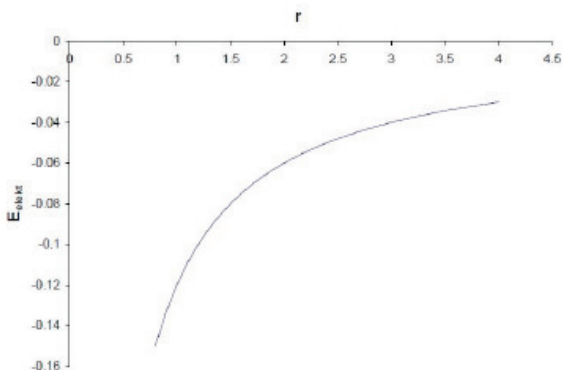


2. ábra: A van der Waals kölcsönhatási energia függése a távolságtól

Ez a tag tehát az egymással kémiai kötésben nem lévő, de térben közel kerülő atomok között számottevő.

Az elektrosztatikus tag lehetséges alakja:

$$E_{\text{elekt}} = \frac{q_1 q_2}{r}, \text{ ahol } q_1 \text{ és } q_2 \text{ a két kölcsönható atom töltése (3. ábra).}$$



3. ábra: Az elektrosztatikus kölcsönhatás függése a távolságtól

Ez a tag szintén kötésben nem lévő atomok között hat, de szemben a van der Waals taggal, viszonylag távoli atomok között is számottevő

$\frac{1}{r}$ lassan csökken a távolsággal), amennyiben az atomok jelentős töltést hordoznak.

Az atomok közötti E_{tot} definiálása meghatározza az atomok közötti erőket is, ahol r a helykoordináták vektora.

Newton törvénye szerint $F=ma$, vagyis a tömegpontként kezelt atom gyorsuló mozgást végez, és ismerve a kezdeti sebességét, kiszámítható, hogy

bizonyos idő elteltével mekkora az elmozdulása. Ezen alapul a molekula dinamikai számítás. Ennek során valamennyi atomra megoldjuk a Newtoni mozgásegyenletet, és így kezdeti atomi helyzeteket és sebessé-

A molekulák mozgása meghatározza sajátosságaikat és az általuk felépített rendszerek tulajdonságait

geket feltételezve, megkapjuk, hogy adott kis idő elteltével a rendszer valamennyi atomja milyen új térbeli helyzetet vesz fel, és mennyi lesz a sebessége. Valójában, amint az atomok megmozdulnak, változnak a rájuk ható erők, mert változik az atomok egymáshoz viszonyított helyzete, és így az E energia és az F erő is. Megfelelően kis időintervallumot választva a hozzátartozó elmozdulás is kicsi lesz, és feltételezhetjük, hogy ezalatt a kezdeti helyzetből számítható erő és sebesség jó közelítéssel megadja az elmozdulást. Az új helyzetben ismét kiszámíthatók az atomokra ható erők, és ezek segítségével a Newton egyenletekből újabb elmozdulások és sebességek számíthatók. Ilyen módon lépésenként haladva az időskálán feltérképezhetjük a rendszer atomjai által felvett helyzeteket és ezekből a rendszer néhány később részletezett tulajdonságára következtethetünk.

Mielőtt megvizsgálánk, hogy egy molekuladinamikai számítás a rendszer milyen tulajdonságaira nyújt felvilágosítást, érdemes a számítás néhány technikai érdekességével megismerkednünk. Az atomok mozgásai rendkívül kis időegység (10^{-15} s, azaz femtomásodperc) alatt is számottevőek lehetnek az atomi méretskálán, mivel az atomok egymás közötti távolsága az Ångström (10^{-10} m) nagyságrendjébe esik. Ennek megfelelően a molekuladinamikai lépések femtomásodperc nagyságrendűek. Ugyanakkor a molekulák funkciójuk szempontjából lényeges alakváltozásai akár mikromásodpercnyi (10^{-6} s) időt is meghaladhatnak. Ahhoz, hogy egy molekuladinamikai számítás során az atomok femtomásodpercnyi elmozdulásaiból eljussunk a mikromásodpercnyi változásokhoz, $10^9 = 10^{-6}/10^{-15}$ lépést kell végezni, vagyis ennyiszor kell megoldani minden atomra a mozgásegyenletet. Az elvégzendő számítási munka értékeléséhez vegyük figyelembe azt is, hogy egy rendszer – amely vizes közegben lévő fehérje molekulát tartalmaz – több ezer, vagy akár több tízezer atomot is magába foglalhat, amelyekre a mozgásegyenleteket meg kell oldani. Így a molekuladinamikai szimulációk számítási igénye rendkívül nagy. Ugyanakkor a számítások jelentős része egymástól függetlenül, párhuzamosan végezhető; két atom közötti E_{elekt} független másik két atom közötti E_{elekt} -től. Ezért a molekula dinamikai számítások jól parallelizálhatók, vagyis sok processzoron egyszerre végezhetők. A nagyobb rendszerekre, hosszabb szimulációt igénylő számítások ezért több száz processzort magukba foglaló számítógép klasztereken futtathatók, és ilyen módon a számítások ideje lerövidíthető. Az ilyen parallel számítások is órákat, sőt gyakran napokat vagy heteket igényelnek a rendszer méretétől, a szimuláció idejétől, és a számítási kapacitástól függően.

Tulajdonságok számítása molekula dinamikával

A fent leírtak szerint rendszerünket atomi szinten tudjuk jellemezni; meg tudjuk határozni az atomok időben változó helyzetét és sebességeiket. Más szóval mikroszkopikus jellemzését adjuk a rendszernek. Ezzel szemben, a rendszer egészét makroszkopikus mennyiségekkel írhatjuk le, mint amilyen például a hőmérséklet, vagy a nyomás. A statisztikus mechanika az a tudományág, amely összefüggést teremt a mikroszkopikus és makroszkopikus leírás között olyan módon, hogy matematikai összefüggést ad a két leírás mennyiségei között. Ezeket az összefüggéseket itt nem áll módunkban részletezni, hanem a [2] referenciára hívjuk fel az érdeklődő olvasó figyelmét. A molekula dinamika szerepe, hogy lehetőséget teremt a mikroszkopikus leírásra, és így a kísérlet számára nem, vagy nehezen hozzáférhető információt szolgáltat. Érdeemes megjegyezni, hogy egyszerűbb rendszerekre, például néhány atomos molekulák együttese által alkotott folyadékokra, a molekula dinamika által szolgáltatott mikroszkopikus mennyiségekből a kísérlettel jól egyező makroszkopikus mennyiségeket, mint például átlagos molekula térfogat, vagy dielektromos állandó, lehet számítani. Ugyanakkor olyan összetett rendszerekre, mint amilyen egy fehérjét tartalmazó vizes oldat, makroszkopikus mennyiségek nehezebben számíthatók. Ilyen esetekben is hasznos eszköz azonban a molekula dinamika, amely megmutatja valamely jelenség háttérében zajló atomi és molekuláris mozgásokat. Egy gyógyszerjelölt molekula fehérjéhez való kötődésének molekula dinamikai vizsgálata során például láthatjuk, hogy mely atomok játszanak kulcsszerepet a kötés létrejöttében, és ötletet kaphatunk a gyógyszerjelölt módosítására annak érdekében, hogy változtassuk a kölcsönhatás erősségét. Ilyen bonyolult rendszerekre mutatunk be néhány példát az alábbiakban.

Polipeptid szerkezete

Talán az első számon tartott biológiai makromolekulára végzett molekula dinamikai szimuláció az, amely a marha pankreasz (hasnyálmirigy) tripszin inhibitorának belső dinamikáját vizsgálta [3]. A számítás kiindulópontja az 58 aminosavból álló polipeptid kísérletileg meghatározott atomi felbontású szerkezete volt. A molekula dinamikai szimuláció megmutatta, hogy az atomok helyzete milyen mértékű fluktuációt mutat az átlagos helyzet körül, és ezzel alátámasztotta azt a nézetet, hogy a fehérjék stabil másodlagos és harmadlagos szerkezete mozgékony atomok átlagos helyzeteként jelenik meg.

Érdeemes megemlíteni, hogy a vizsgálat – amelyet 1977-ben a leg- rangosabb természettudományi folyóiratban, a Nature-ben közöltek –, a mai eszközökkel és tapasztalattal az akkorit messze meghaladó minőségben végezhető el. Az idézett munka vákuumbeli, és kevesebb, mint 10 pikomásodperc (10^{-12} másodperc) szimulációra alapozta következtetéseit. Manapság könnyen végezhetünk több ezer atomos fehérje vizes oldatára nagyságrendekkel hosszabb számításokat.

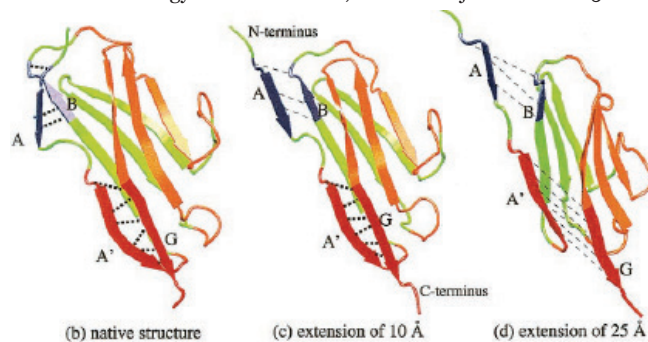
A titin molekula megnyúlása

A titin egy hatalmas izomfehérje, amely rúgóként működve biztosítja az izom rugalmasságát. A titin több részegységből, úgynevezett doménból épül fel, amelyek külön-külön képesek megnyúlásra. Egy

ilyen domén szerkezetének lényeges eleme a H-hidakkal összekötött β -redő.

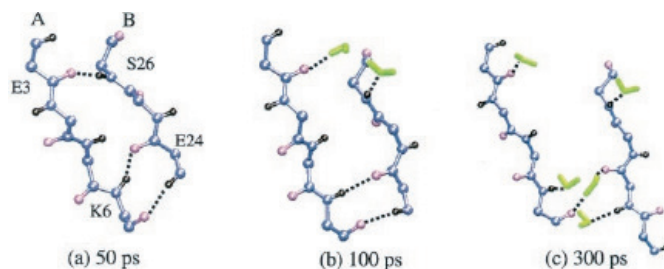
Molekula dinamikai szimuláció [4] megmutatta, hogy az erő hatására történő megnyúlás során, a β -láncok közötti H-hidak felhasadnak, és ez teszi lehetővé a fehérje lánc két végének eltávolodását, amint ennek 3 pillanatfelvételt mutatja a 4. ábra.

A fentieknek egy kisebb részletét, az atomok jelölésével az 5. ábra



4. ábra: A titin molekula IG doménjének megnyúlása erő hatására. (b) Megnyúlás előtti állapot. A H-híd kötések pontozott vonalak jelölik. (c) Részlegesen megnyúlt állapot, amelyben a lánc két vége közötti távolság 10 Å. A felszakadt H-híd kötések szaggatott vonalak jelölik. (d) Megnyúlt állapot, amelyben a lánc két vége közötti távolság 25 Å. Valamennyi jelölt H-híd felszakadt. [4]

szemlélteti. Jól látható, hogy a láncok egymás melletti elmozdulása hogyan szünteti meg a H-hidakat.



5. ábra: A H-híd kötések felszakadása atomi felbontásban. (a) Kezdeti állapot H-híd kötésekkel. (b) Közbeni állapot. Az (a) ábra E3(O)-S26(H) H-híd kötése felszakadt és E3 egy vízmolekulával képez H-hídat. (c) Mindhárom β -lánc közötti H-híd felszakadt. Minden esetben csak a fehérje váz atomjai és a vázatomokkal H-hídat képező H-atomok láthatók. Az O-atomok bíbor, a H-atomok fekete színűek, a többi vázatom kék színű. [4]

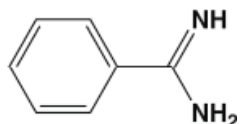
A molekula dinamikai számítás további lényeges eredményekkel is szolgált. Meg kell jegyezni, hogy ez a számítás a szokásostól annyiban eltért, hogy a fehérje egyik végét rögzítették, a másik végét pedig húzták. Az erő hatására történő megnyúlás a kísérletéhez hasonló mintázatot mutatott; a kezdeti megnyúláshoz viszonylag nagy erőre volt szükség, majd a további megnyúlás kisebb erőhatásra is bekövetkezett. További fontos eredménye a számításnak, hogy felfedte a víz



szerepét a fehérje megnyúlásában. A fehérje felszínén lévő vízmolekulák H-híd kötést tudnak létesíteni a β -redő felszakadt H-hídjai helyett, ami energetikailag kedvezőbbé teszi utóbbiak felszakadását, és így elősegíti a megnyúlást. A víznek ezt a szerepét később kísérletileg is megerősítették [5].

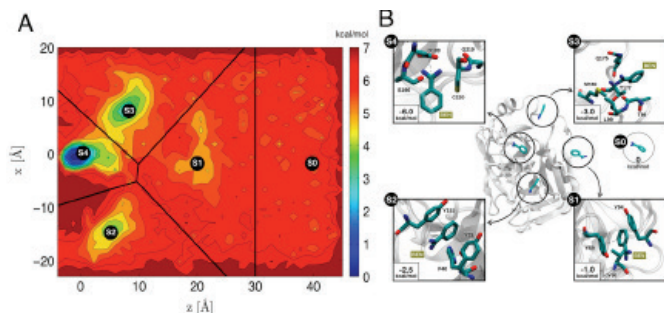
Benzamidin kötődése tripszinhez

A tripszin a peptidkötés hasítását végző enzim, amelynek ismert inhibitora a benzamidin (6. ábra).



6. ábra: Benzamidin

Molekuladinamikai szimulációt végeztek a benzamidin molekula tripszinhez való kötődése folyamatának vizsgálatára [6]. Azt találták, hogy vizes oldatban a tripszin mellett jelen levő benzamidin 4 helyzetben kötődhet a tripszinhez. Az oldatban lévő, és a kötött állapotok energiadiagramját mutatja a 7. ábra. Az ábra A része szerint S1, S2 és S3 metastabil állapotok, amelyeknél alacsonyabb energiájú az S4 kötő állapot.

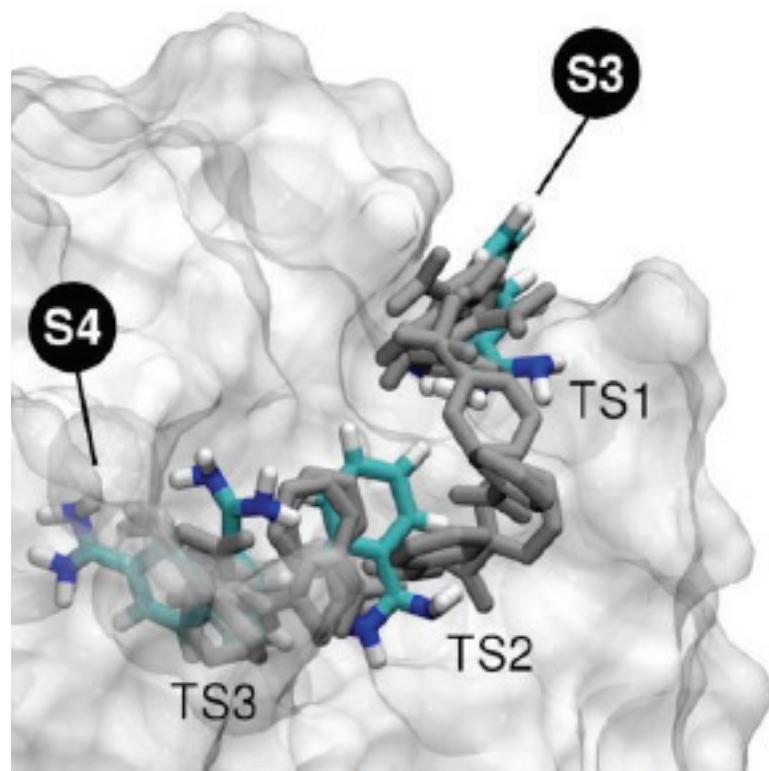


7. ábra: A benzamidin-tripszin komplex kialakulásához vezető állapotok. (A) Az állapotok relatív energiája színkóddal szemléltetve. A legvalószínűbb átmenet az S4 kötött állapotba az S3 metastabil állapoton keresztül vezet. (B) A 4 kötött állapot szerkezetének szemléltetése: középen a benzamidin helyzetei a tripszinen; a benzamidin közvetlen környezete a bekeretezett ábrákon. [6]

Érdekes módon, a stabil kötést biztosító S4 helyzetbe csak az S3 helyzeten keresztül jut el a benzamidin molekula. A kötődés sebesség-meghatározó lépése az $S3 \rightarrow S4$ átmenet. Ezt szemlélteti a 8. ábra, amely a benzamidin molekula vándorlásának egymás utáni lépéseit együtt mutatja. Az S3-ból az S4-be jutás a TS1, TS2 és TS3 átmeneti állapotokon keresztül történik.

A molekulák mozgásának számítógépes leírása és a ligandum-fehérje kötés kialakulásában szerepet játszó atomi szintű részletek megértése végső soron segítséget nyújthat kívánt tulajdonságú és hatású vegyületek tervezéséhez.

Ferenczy György
MTA-SE Molekuláris Biofizika
Kutatócsoport Semmelweis Egyetem



8. ábra: A kötődés sebesség-meghatározó S3-S4 átmenete. A benzamidin a tripszin felszínén haladva a TS1, TS2 és TS3 átmeneti állapotokon keresztül jut el a stabil kötést biztosító kötőzsebbe. [6]

A szerző köszönettel tartozik Komáromi Istvánnak (Debreceni Egyetem) és Ferenczonné Molnár Mártának (Budapesti Eötvös József Gimnázium) a kézirat elkészítését segítő beszélgetésükért.

Irodalomjegyzék:

1. Keserű Gy., Náray-Szabó G. Molekulamechanika. Kém. újabb eredm. 80. kötet, 7-98. old., Akadémiai Kiadó, Budapest 1995.
2. Baranyai, A., Schiller, R. Statisztikus mechanika vegyésznek. Akadémia Kiadó, Budapest, 2003.
3. McCammon, J. A., Gelin, B. R., Karplus, M. (1977) Nature 267, 585-590.
4. Lu, H., and Schulten, K. (2000). The key event in force-induced unfolding of titin's immunoglobulin domains. Biophys. J. 79, 51-65.
5. Dougan, L., Feng, G., Lu, H., and Fernandez, J. (2008) Solvent molecules bridge the mechanical unfolding transition state of a protein. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 105, 3185-3190.
6. Buch, I., Giorgino T., De Fabritiis G. (2011) Complete reconstruction of an enzyme-inhibitor binding process by molecular dynamics simulations. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 108, 10184-10189.

VIRÁGBAN, LEVÉLBEN MÉRÉG

A Kémiai Panoráma számaiban rendszeresen találkozhat Olvasónk a Gyógyító molekulák növényekben című rovattal, és az 5. számban a Növényi eredetű gyógyszerek című cikkben részletesen olvashatott a gyógynövényekről és a belőlük készült gyógyszerekről. A növények azonban veszélyesek is lehetnek, mivel hatóanyagaik nem megfelelő mennyiség és alkalmazás esetén mérgezést okozhatnak!



A mérgek története nagyjából időszámításunk előtt 4500 évvel kezdődött, ekkor jelentek meg az első írásos emlékek. A mérgek, a toxikológia és a gyógyszerészet története az évszázadok folyamán részben összefonódott, mert mindig voltak, akik erkölcstelen célokra, (megbetegítésre, ölésre) kívánták felhasználni a mérgező növényeket, de szerencsére olyanok is, akik gyógyításra gyógyszer előállításra használták azokat. A növények mérgező

hatásának kutatásával párhuzamosan gyógyító erejükkel, ill. ellenmérgeként való felhasználásukkal is foglalkoztak. Fennmaradtak például az Ebers papiruszok (i.e.3500), amelyeket 1874-ben fejtett meg egy német egyiptológus. A papiruszokban leírt, nagyjából 800 formula jelentős hasonlóságot mutat, több ma ismert szerves és szervetlen mérgező anyaggal. Ezek túlnyomórészt növényi eredetű anyagok Szerepel bennük pl. az

ópium, az aloék, illetve a sisakvirág és a nadragulya (mandragóra) hatóanyagának leírása. Egyes források szerint már az első ismert fáraó, Menes is tanulmányozta a mérgező növényeket. Kleopátra is sokat kísérletezett, saját szolgálóleányain próbálta ki a belladonna, a bolondító beléndek vagy épp a farkasmaszlag hatását.

Archeológiai kutatások szerint az ókor embere által kezdetben a zsákmány elejtése,



Nadragulya (*Atropa belladonna*)



Bolondító beléndek



Farkasmaszlag



védekezés, vagy támadás céljából használt fegyvereket (balta, bunkósbot, tőr, kard) később növényi mérgek egészítették ki. Nagyjából i.e. 700-tól kezdődően jelentősen bővültek a mérgező anyagokról szerzett ismeretek, és történtek kísérletek az osztályozásukra is. Görögországban például Dioscorides (kb. i.e. 40-90) a De Materia Medica című művében több száz mérgező növényt írt le, és felállított egy rendszert a növényi mérgek eredetük szerinti csoportosítására, amely századokon át irányadó

”
Minden dolog
mérge; ha
önmagában nem is az,
csupán a mennyiség
teszi, hogy egy anyag
nem mérge (Aureolus
Paracelsus)

”
maradt. Görögországban és az antik Rómában is nagyon gyakori volt a növényi méreggel végrehajtott gyilkosság, illetve öngyilkosság. Róma leghíresebb méregkeverője, Locusta, aki Apuleius szerint Agrippina parancsára Claudius császárt, majd Néro parancsára Britannicust ölte meg, főként belladonnát használt. A mérget többnyire az italba csepegtetve adták be, vagy a húst szeletelő kés egyik oldalát kenték be vele, így a házigazda is nyugodtan fogyaszthatott, hisz az ő oldalán a hús tiszta maradt. Bevett szokás volt még a mérgezett hegyű tű, amivel a Forum tolongásában az áldozathoz férkőztek, majd egy apró szúrást ejtettek rajta, vagy a pecsétgyűrű, amiben apró, rugóra járó kis méregtartó volt található.

A bűnös szándékból elkövetett mérgezések és mérgezési kísérletek a reneszánsz idején érték el csúcspontjukat. Egyre hatásosabb mérgeket találtak ki, és rájöttek, hogy egyes mérgek együtt alkalmazva erősítik egymás hatását. A kor leghírhedtebb gyilkosai a Borgia család tagjai voltak. VI. Sándor pápa (Rodrigo Borgia) valamint gyermekei, Lucrezia itáliai hercegnő és Cesare, hadvezér, bíboros és herceg. Ők leginkább az



A mérgező foltos bürök

arzen-, vagy higany-tartalmú ásványi mérgeket kedvelték, amiket aztán, a hatás erősítése végett növényi mérgekkel keverték.

Bürökkel, beléndekkel, tiszafával, sisakvirággal, és mákkal kísérleteztek.

Napjainkban gyilkos célokra elenyésző mennyiségben használnak fel növényi mérgeket, de Afrikában, Dél-Amerikában és Ázsia egyes részein a mai napig fennmaradt a nyilmérge használata. A világ más részein a növények okozta mérgezés legtöbb esetben, az ehető növényekkel való összetévesztés, a gyógynövények, vagy növényi eredetű készítmények helytelen használata, valamint mérgező növényekkel etetett állatok termékeinek fogyasztása révén történik.

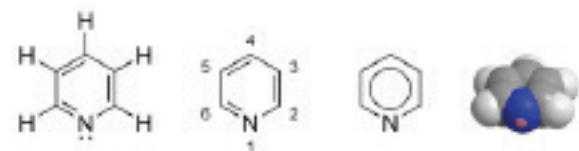
Mikor nevezünk egy növényt mérgezőnek? Mérgező az a növény, amely igen kis mennyiségben zavart, rendellenességet, vagy kóros elváltozásokat okoz az egészséges ember vagy állat szervezetében. A „mérgező növény” elnevezést nagy körültekintéssel kell alkalmazni, mivel nehéz megvonni pontosan azt a határt, amely a mérgező-, nem mérgező-, illetve a gyógynövényt elválasztják egymástól. A gyógyteák, teakeverékek nagymértékű elterjedése is szükségessé teszi azok alaposabb megismerését, mivel a természetett és vadon termő növények nem kevés esetben nem kívánatos mellékhatásokat, mérgezési tüneteket válthatnak ki. A mérgezések súlyossága az elfogyasztott mérgező növény mennyiségétől, a felhasznált növényi részek-től, az elfogyasztott készítmény formájától (vizes kivonat, tea, alkoholos kivonat, szárított porforma), valamint az alkalmazás helyétől (külsőleg, belsőleg) függ. A növények mérgező hatásának mértékét egyrészt a választott a növények, azok hatóanyagai, másrészt az érintett szervezetek belső biológiai

sajátosságai határozzák meg. A mérgező (nem kívánatos) hatások lehetnek átmenetiek, vagy tartósak, súlyosak. Általában a felhasználás után később jelentkeznek, és visszafordíthatatlan károsodás okoznak.

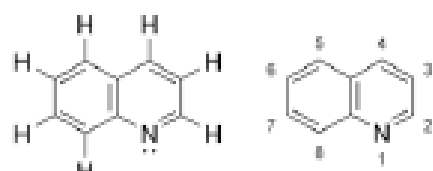
A növényekben található hatóanyagok ismerete fontos az emberi és állati szervezetre káros anyagok hatásának elkerülése és megelőzése érdekében. A növényekben az ismert fő hatóanyagok mellett sok más anyag is megtalálható. A növények a bennük lévő zöld növényi festékanyag, a klorofill segítségével, a napfény energiáját felhasználva szén-dioxidból és vízből különféle szerves vegyületeket képesek létrehozni. A szintetizált vegyületeket felhasználják mint energiaforrást, vagy lebontják és számos új vegyületet hoznak létre.

Ezek a termékek gyakran biológiailag aktív anyagok, amelyek többnyire nem a növényi élet számára, hanem az ember és az állatok életfolyamataira gyakorolnak hatást. Ennek köszönhetően váltak a növényvilág egyes tagjai gyógy-, illetve mérgező növényekké. A gyógyszerek és mérgek többféle hatást fejtenek ki, az elsődleges az, ami a kívánt gyógyítási célhoz vezet vagy ami a legsúlyosabb mérgezési tüneteket okozza. Az esetek döntő többségében számos mellékhatás is előfordul. A különböző hatóanyagot tartalmazó növények száma nagyjából 250.000, és ezek közül csupán 10%-uk hatóanyagának ismerjük a pontos kémiai összetételét. A legfontosabb növényi hatóanyagok kémiai szempontból lehetnek alkaloidok, glükozidok, szaponinok, illóolajok vagy toxalbuminok

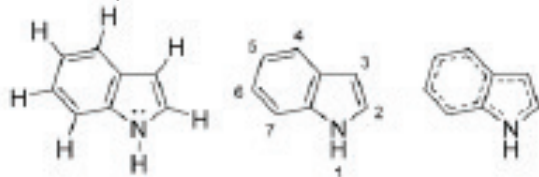
Az alkaloidok nitrogén tartalmú természetes vegyületek. Nagyjából 7000 képviselőjük ismert, ezeket a szerkezetükben található heterociklusos gyűrű alapján csoportosíthatjuk, úgy mint piridinvázis, kinolinvázis, indolvázis, purinvázis és tropánvázis alkaloidok. Lúgos kémhatású, keserű ízű és erősen mérgező anyagok, megfelelő dózisban nagyon hatásos gyógyszerek. Főleg a központi idegrendszer befolyásolják: bódító, fájdalomcsillapító, vagy izgató, illetve élnéki-tő hatást kifejtve. A növényekben egy vagy több alkaloid is keletkezik, és ezek a növény minden szervében előfordulnak. Az éretlen mák tejnedvében (ópium) kb. 30 alkaloid található, közülük a morfin a domináns.



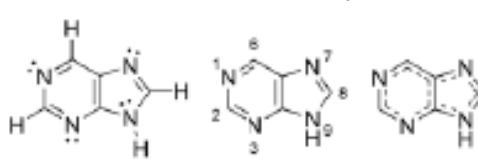
Piridin



Kinolin



Indol



Purin



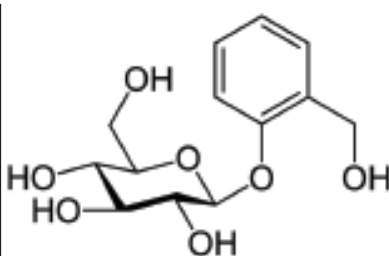
Tropán gyűrű

A glikozidok vízben oldható, szilárd halmozott állapotú, kristályos szerves vegyületek. Egy, vagy több cukormolekulából és egy nem cukor jellegű molekulából (aglikonból) állnak. Többségük gyógyászati célra jól felhasználható, de a szívre ható glikozidok (gyűszűvirágban) és a cianogén glikozidok, (mandulában, barackmagban) veszélyesek is lehetnek.

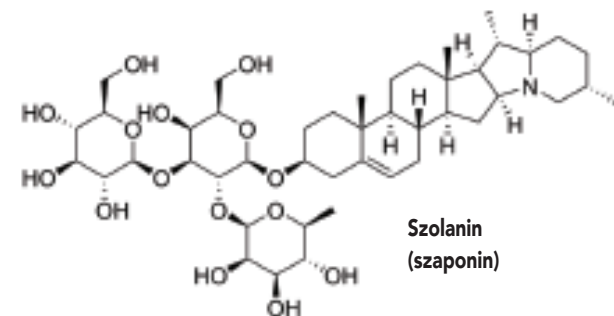
A Szaponinok a szappanhoz hasonlóan felületaktív, habzó anyagok. Váladékkiválasztó és hánytató hatásuk van. A vérkeringésbe jutva mérgező hatásúak, mert felületaktív tulajdonságuk következtében a vörösvértestek szétesését okozzák (pl. a vadgesztenye kivonata).

Az illóolajok a növények illatát, aromáját adó, különböző szerkezetű, illékony anyagok. Serkentik az emésztést, gyulladáscsökkentők, és baktericid-hatással is rendelkeznek. Zsírolékonyságuk miatt könnyedén átjutnak a sejthártyákon, bőrön, nyálkahártyán. Fő alkotórészeik a $C_{10}H_{16}$ összegképletű terpének izomerjei (lásd: Illatok, terpének című cikkünket a Kémiai Panoráma 8. számában). Azonban számlájukra írható, hogy ha frissen kaszált réten, vagy szénában pihenünk, a bőrünk kipirosodik, begyulladhat, vagy akár rosszul is lehetünk. Ezt a hatást fotoszenzibilizáló hatásnak nevezik, lényege, hogy érzékennyé teszik a bőrt az ultraibolya sugárzással szemben.

Az egyik legmérgezőbb növény a foltos bürök. Az erna virágzatúak családjába tartozó növény, júniustól szeptemberig virágzik. Általában a nitrogénben gazdagabb, szemé-

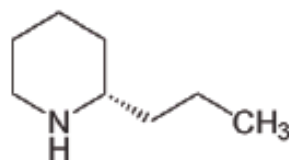


Szalicin (glikozid)



Szolanin (szaponin)

tes helyeken fordul elő, út menti gyom. Minden része mérgező, gyógyászati célra egyáltalán nem alkalmazható. A növény erős biológiai hatású anyagokat, piperidinvasz alkaloidokat tartalmaz. Az öt legfontosabb alkaloid közül négy telített (a koniin, az N-metil-koniin, a konhidrin, és a pszeudokonhidrin), egy pedig telítetlen (a g-konicein). Fő hatóanyaga a növény minden részében megtalálható alkaloid, a koniin. Helyi izgató hatású, felszívódva a központi idegrendszert bénító alkaloid, alulról felfelé, az alsó végtagoktól az agy felé haladó bénulást okoz. Végül a légzőizmok bénulása következtében áll be a halál.



Koniin (2-propil-piperidin)

Időszámításunk előtt 399-ben történt, hogy Szókratész görög filozófusnak a bírói ítélet alapján ki kellett innia a mérgepoharat, ami a foltos bürök éretlen termésének főze-

tét tartalmazta. Platon, Szókratész tanítványa, jelen volt mestere halálánál, így lejegyezhetette Szókratész utolsó szavait, melyek szerint a növény főzete először a test alsó részében okozott bénulásokat, majd ezek lassan haladtak felfelé. A bürökkel mérgezett eszméletlenül marad, a „bürökpohár” fokozatos bénulást okoz, blokkolja az izmokat, beleértve végül a légzőizmokat is, így a halál oka fulladás.

A növényi mérgezések főként a gyerekeket veszélyeztetik

Három év vizsgálatot Máttyás király halála ügyében Garamvölgyi László ezredes az Országos Rendőr-főkapitányság szóvivője, míg végül arra jutott, hogy Beatrix mérgezett fügékekkel majd tömény méreggel végzett hitvesével Máttyás királlyal. Garamvölgyi „A király halála” című könyvében leírja és bizonyítja,



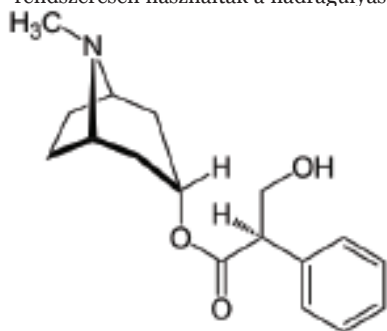
hogy Beatrix foltos bürökből készült főzetet használt, azt öntötte a király szájába, a halál emiatt következett be.

A bürökmérgezés ma is éppen olyan gyors és tragikus kimenetelű lehet, mint a régi időkben. 1993 szilveszterén, az új év hajnalán például két fiatal férfit találtak holtan Ausztráliában. A szilveszteri alkoholfogyasztást követően bürökből főztek „frissítő” levest, mely órákon belül halálukat okozta.

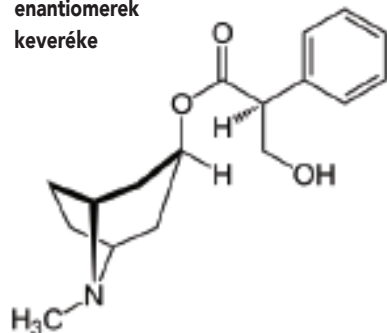
Az állatok közül a szarvasmarha a legerzékenyebb a bürök alkaloidjaira, a halálos adag a teheneknél 5-16 g friss növény elfogyasztása testtömeg kg-onként (egy átlag tömegű állatnál ez 2,5-8 kg bürököt jelent). A sertések és a malacok szintén érzékenyek a növényre.

A nadragulya (belladonna) évelő, lágyszárú gyomnövény, a bükkösök kísérőnövénye, főzete mérgező alkaloidot tartalmaz. Fő alkaloidja a hioszciamin, amely feldolgozás során atropinná alakul át. Parazimpatikus idegrendszert gátló hatást fejt ki, meggátolja az ingerület-átvitelt, kitágítja a pupillát, az agyba bejutva pedig izombénító hatású. A növény családjára jellemző mindhárom pszichoaktív alkaloid, az atropin, a szkopolamin és a hioszciamin is megtalálható benne. Az atropin D-, és L-hioszciamin racém keveréke.

Pupilla-tágító hatása révén kapta a nadragulya a „belladonna”, azaz szépasszony nevet, mivel a középkorban a tág pupillát csábítónak gondolták, és ennek elérésére rendszeresen használták a nadragulyás



Atropin, enantiomerek keveréke

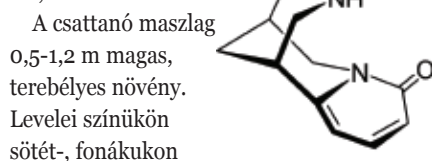


szemcseppeket. A boszorkányok „repülőkénőce” is ez volt, mert erőteljes hallucinogén hatású. Nadragulyafőzet okozta Shakespeare Júliájának mély álmát is. Az atropin hatására elbódult, a pulzusa egészen alacsony, alig érezhető lett, ezért gondolhatták halottnak.

A bolondító beléndek hazánkban gyakori gyomnövény. Legfeljebb 80 cm magas, ragadós tapintású növény, júliusban augusztusban virágzik, virága sárgás, rendszerint barnásan, lilásan erezett, 2-3 cm nagyságú. Toktermése van. Nitrogénkedvelő növény, elsősorban emberi települések, szántóföldek szélén, szemetes helyeken, trágyadombokon található. Mérge a hioszciamin (atropinná alakul) és a szkopolamin alkaloid. Hatása hasonlít az atropinmérgezéshez (lásd: nadragulya), száj-, torokszárazság, rekedtség, nyelési nehézség, beszédképtelenség. Tág pupillák, magas hőmérséklet, száraz, élénkvrös bőr, majd bódultság, kábultság, részegséghez hasonló állapot, izomgyengeség, légzésbénulás következik be.

Az aranyeső az egyik legmérgezőbb őshonos cserjénk. 5-7 m magas, szabálytalan koronájú, csüngő ágú cserje vagy kis fa. Hosszú (10-30 cm) lecsüngő aranyásárga virágfüzerei májusban, júniusban pompáznak. Termése hosszúkas barna hüvelytermés, melyben számos barnásfekete vese alakú mag lapul. Mérge a citizin alkaloid, hatása: hányinger, hányás, hasmenés, égető érzés a torokban, szomjúság, verejtékezés. Súlyos esetben görcsök, eszméletvesztés. Tág pupillák, fulladás.

A csattanó maszlag 0,5-1,2 m magas, terebélyes növény. Levelei színükön sötét-, fonákukon világosabb zöldek. Virágai fehérek, tölcséresek. A termés 5-7 cm hosszú, tojásdad alakú, eleinte zöld, majd éretten barnás színű sokmagvú toktermés.



Citizin



Csattanó maszlag növény



Csattanó maszlag mag



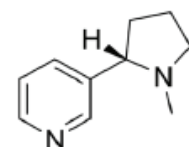
Dohányültetvény

Júniustól szeptemberig virágzik.

Mérgező anyagai: hioszciamin (atropin) és szkopolamin. Az atropin izgató, a szkopolamin bénító, nyugtató, narkotikus hatású. A növény magjainak elfogyasztása dühöngést váltthat ki. A levelek zavartságot, érzéksalódást, bódultságot, aluszékonytságot idéznek elő. Gyakran kevert formában jelennek meg a tünetek, arcpiír, szájszárazság, érzéksalódások. Súlyos esetben kóma is bekövetkezhet.



Dohány (Nicotiana tabacum)



Nikotin

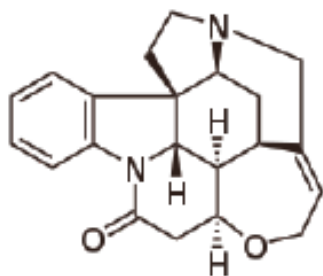
A dohány Amerikából származó 1-2 m magas, rövid mirigyszőröktől ragadós növény. Levelei lándzsásak. Virágzata terebélyes, rózsaszínű. Termése tojás alakú bogvőtermés. Mérge a nikotin alkaloid, amely legnagyobb mennyiségben a levelekben található. A vegetatív és a központi idegrendszere is hat. A mérgezés gyorsan jelentkezik, égető érzés a torokban szájban, gyomorban, nyálfolyás, hányás, hasmenés és gyomorgörcsök kíséretében. Erős fejfájás, szédülés, izomgyengeség, látási és hallási zavarok, remegés társul a tünetekhez. A pupillák tágak, majd beszűkülnek, a szívrit-

mus gyengül, később fokozódik, a vérnyomás nő, súlyos esetben rángógörcsök, eszméletvesztés, végül légzés, vagy szívbénulás miatt beáll a halál.

A dohányt élvezeti szerként először az ameri-

kai indián kultúrában használták. Az indiánok a növény mérgező hatását is ismerték és nyílméregként használták. Kolombusz, majd Jean Nicot- Franciaország lisszaboni nagykövete- honosította meg hazájában a cigarettázás szokását, majd később egész Európában elterjedt. Káros hatásaival nem számoltak. A mértéktelen dohányzás más egészségkárosító hatásai mellett még mérgezéshez is vezethet.

Egy Indiában termő növény – a farkasmaszlag vagy más néven varjűszem – nedve az igen erős fiziológiai hatású, rendkívül mérgező sztrichnin, egy indolvázias alkaloid. Egyike a legrégebben ismert alkaloidoknak. 1818-ban Pelletier és Caventou izolálta a farkasmaszlag (*Strychnos nux vomica*), egy DK-Ázsiában és Ausztráliában honos fás növény magjából (ebvészmag), amelynek fő alkaloidja.



Sztrichnin ($C_{21}H_{22}N_2O_2$)

Növényi mérgezések kapcsán gyakran felmerülő történeti kérdés: hogyan halt meg Nagy Sándor?



Nagy Sándor az issosi csatában, i.e. 333

Nagy Sándor halála után közvetlenül még senki sem gyanakodott mérgezésre, de később olyan híresztelések kaptak szárnyra, hogy Antipatros az európai ügyekért felelős helytartója állhatott a haláleset háttérében. Plutarkhosz szerint a tett elkövetését Arisztotelész sugalmazta Antipatrosznak (Arisztotelésznek lett volna indítéka: unokaöccsét, Kalliszthenészt az apródok lázadása után Nagy Sándor megölette). Egy másik elképzelés szerint Nagy Sándort felesége, Roxane mérgezte meg bosszúból, a Héphaistionnal folytatott homoszexuális viszonya miatt. Héphaistion és Sándor is ugyanazokat a sztrichnin-mérgezésre utaló tüneteket produkálták. Nagy Sándor tünetei remegés, rángatózás, nyakmerevség voltak, a végső stádiumban elvesztette beszédképességét, és csak fejét és karjait tudta mozgatni, majd kómába esett, és nem sokkal ezután meghalt.

Valójában nem lehet tudni, miért halt meg Nagy Sándor. Lehet, hogy valóban sztrichninnel, mérgezték meg a királyt, talán nem is szándékosan. Az ókorban tudatosan használták mérgező



Gyűszűvirágok: sárga, Digitalis grandiflora



piros, Digitalis purpurea gypjas,

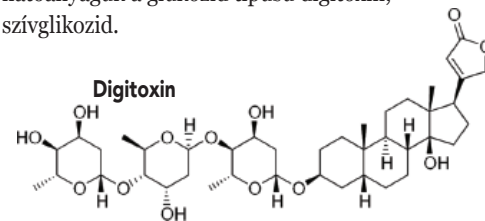


Digitalis lanata

hatású növényeket gyógyszerként, persze mindig csak kis mennyiségben. Elképzelhető, hogy a király ágyának esett a kimerítő munkatempó és a sorozatos dorbézolások következtében, orvosai mérgező hatású gyógynövényekkel akartak rajta segíteni, melyek gyógyító mennyiségét jól ismerték, azonban Nagy Sándor türelmetlen természete nem bírta kivárni, míg a gyógyulás természetes iramban bekövetkezik, hanem megemeltette az adagokat, ami halálához vezetett.

A gyűszűvirág nagyon mérgező növény, háziszserként használni tilos!

A sárga gyűszűvirág június –júliusban nyílik, nálunk vadon is előfordul ritkás erdőkben, bokros, sziklás helyeken. A piros gyűszűvirág Nyugat-Európa erdős, hegyvidéki tájain honos, nálunk vadon nem fordul elő. A gypjas gyűszűvirág Közép-európában, Nyugat-Ázsiában honos. A gyűszűvirágokat általában dísnövényként termesztik. Fő hatóanyaguk a glikozid típusú digitoxin, szivglikozid.



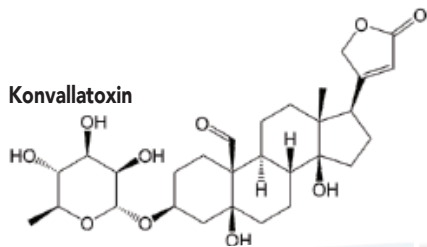
A szívreható glikozidok serkentik a szív működést. Hatásuk mechanizmusa a szívizomsejtek ioncsatornáinak gátlása, ami megváltoztatja a sejtekben az ioneloszlást. A sejt belsejében megnő a kalcium-tartalom, és csökken a kálium ionok szintje, és emiatt nő az összehúzódások ereje és szaporább lesz a pulzus. Ezért a szivglikozidok jól használható



Gyöngyvirág



Konvallatoxin



Cerbera odollam



Ricinus

gyógyszerek szívelégtelenség esetén. Túladagolás (mérgezés) esetén azonban 5-6 óra múlva súlyos szív-keringési zavarok jönnek létre, a pulzus gyengül, majd hirtelen felgyorsul a szívverés és rendszertelenné válik. A halál oka szívbénulás.

A gyűszűvirág hatóanyaga gyors és gyak-

ran szívrohamnak tűnő halált okoz, ez tette vonzóvá a gyilkosok szemében. Úgy tartják, Lucrezia Borgia is gyűszűvirág-kivonatot tartott gyűrűjében a megunt szeretőjé számára, Agatha Christie pedig hatszor „gyilkolt” műveiben digitáliszt felhasználva.

A gyűszűvirághoz hasonlóan a tavasszal sokfelé nyíló apró fehér gyöngyvirágokban (Convallaria majalis) is szívglikozidok, főképp konvallatoxin található. Ezen kívül tartalmaz még szaponinokat és illóolajokat is.

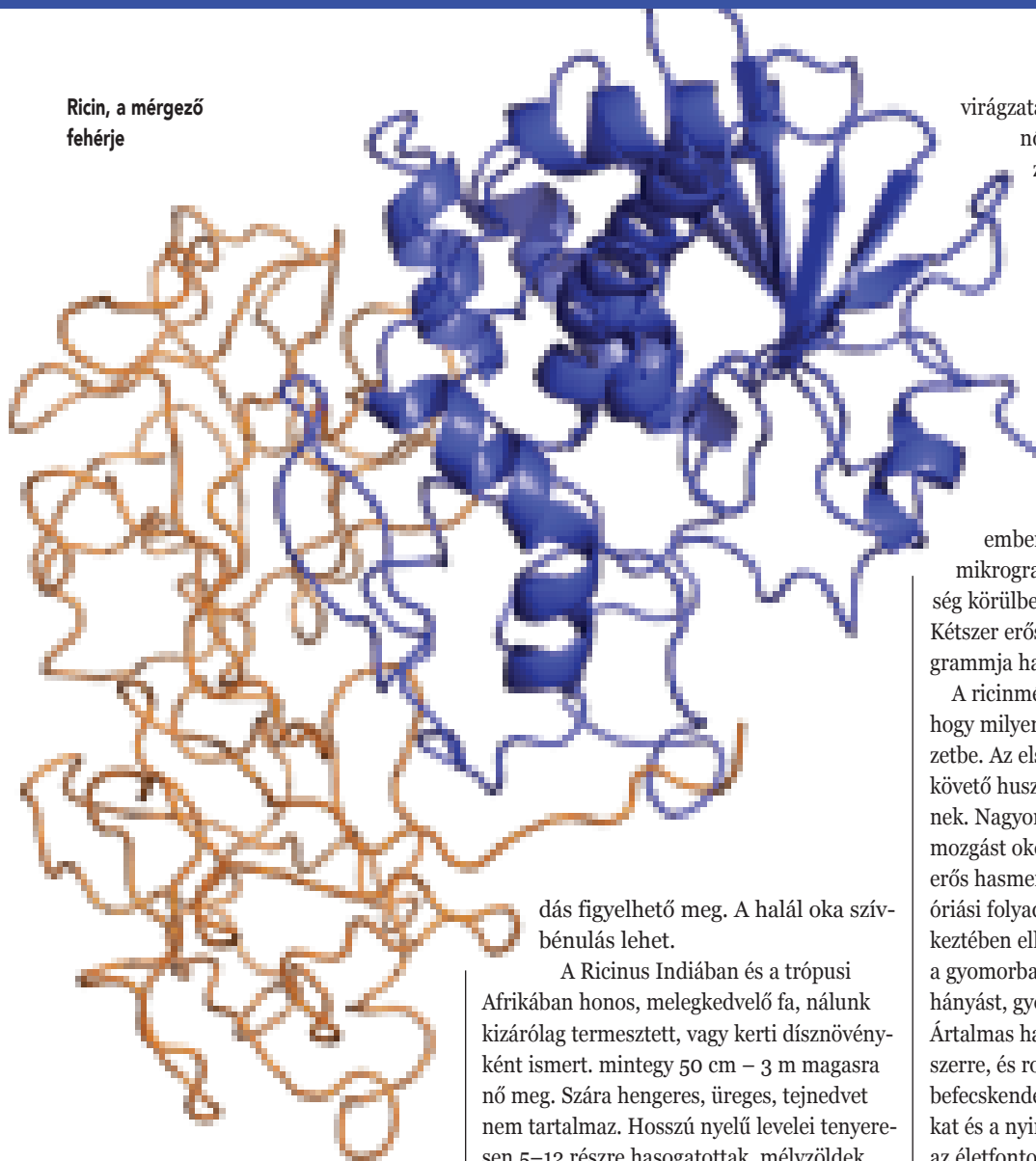
A Cerbera odollam” nevű, Indiában, és Délkelet-Ázsiában honos növényt egyszerűen csak Öngyilkos fának hívják. Mérge a digitoxinra hasonlító szívglikozid, a Cerberin, amelyet gyakran használnak öngyilkosságok, vagy épp gyilkosságok elkövetésére. Hatása az Európában jól ismert gyűszűvirághoz hasonlít, de kimutatni nagyon nehéz, főleg ha nincs konkrét gyanúja a cerberin mérgezésnek. Mégis nagy teljesítményű analitikai módszerekkel (folyadékromatográf és tömegspektrométer) sikerült számos gyilkos-ságot bizonyítani.

A lilimok is szívglikozidot tartalmaznak, amely befolyásolhatja a szív működését, túladagolása halált is okozhat. A csíkos kecskerágó (Euonymus europaeus) terebélyes, 4 m magas cserje, ritkábban kis fa. Kérge zöldes-szürke, sima. Levelei rövidnyelűek, elliptiku-



Csíkos kecskerágó *Euonymus europaeus*

Ricin, a mérgező fehérje



virágzatán belül az élénkpiros bibés nőivarú virágok felül, a sárga porzós virágok az alsó részen helyezkednek el.

A termés toktermés, melyet száraz tüskék borítanak. A sötétbarna magok szürkésfehéren ereztettek, méretük kb. bab-szemnyi. Mérge ricin és a ricinin. A ricinin mérgező alkaloid. A magban található még a ricin nevű toxikus fehérje, ami sokkal erősebb méreg a ricininnél. Egy felnőtt ember meggyilkolásához akár hetven mikrogramm is elegendő – ez a mennyiség körülbelül egy sószemcsének felel meg. Kétszer erősebb a kobra mérgénél, és egy grammja hatezerszer mérgezőbb a ciánál.

A ricinmérgezés tünetei attól függenek, hogy milyen módon jut be az anyag a szervezetbe. Az első tünetek a szervezetbe kerülést követő huszonnégy óra elteltével jelentkeznek. Nagyon kis mennyiségben erőteljes bélmozgást okoz, az adagot növelve pedig olyan erős hasmenést vált ki, hogy az áldozat az óriási folyadék- és elektrolitvesztés következtében elhalálozhat. Kisebb mennyiségben a gyomorba kerülve magas lázat, hányingert, hányást, gyomor-, illetve bélvérzést okoz. Ártalmas hatással van a központi idegrendszerre, és rohamokat vált ki. A szervezetbe befecskendezve azonnal megbénítja az izmokat és a nyirokcsomókat. Felszívódva leállítja az életfontosságú szervek, például a máj vagy a vese működését, végül az egész keringési

dás figyelhető meg. A halál oka szívbénulás lehet.

A Ricinus Indiában és a trópusi Afrikában honos, melegkedvelő fa, nálunk kizárólag termesztett, vagy kerti dísznövényként ismert. mintegy 50 cm – 3 m magasra nő meg. Szára hengeres, üreges, tejnedvet nem tartalmaz. Hosszú nyelű levelei tenyeresen 5–12 részre hasogatottak, mélyzöldek, néha vöröses vagy lilás beütéssel. Bogas

sak vagy lándzsásak, ép vagy csipkés szélűek. Apró virágai tavasz végén nyílnak a levelek hónaljában. A virágok szíromlevelűek, zöldesfehérek, május-júniusban nyílnak. Termése narancsvörös magköpennyel burkolt magok.

Mérgező hatóanyagai az evonozid glikozid (a digitoxinhoz hasonló), kisebb mennyiségben az evonin alkaloid. Az evonozid károsítja a szív működést (szívbénulás, szívritmuszavar) Hatásukra émelygés, görcsökkel járó hasmenés, hányás jelentkezik. Súlyosabb esetekben véres, vizes hasmenés. Pár óra elteltével keringési zavarok, rángógörcsök, ájulás, elhúzódó mérgezésnél máj- és vesekáros-

ESERNYŐS GYLKOSSÁG

1978. szeptember 11-én irodájából jövet Markov a Waterloo Bridge felé sétált, majd miközben egy buszmegállóban várakozott, hirtelen éles szúrást érzett a combjában. A közelében egy férfit vett észre, aki leejtett esernyőjét felemelve taxiba ült, és eltűnt Markov szeme elől. Az író pár órán belül már magas lázzal küzdött, s négy napon belül életét veszítette. A hatósági halottkém megállapítása szerint a halált mintegy 450 mikrogramm ricin okozta, amit egy golyócska formájú hüvelybe rejtve lőttek Markov combjába, valószínűleg a lőfegyverre átalakított esernyőből. Az Interpolnak soha nem sikerült elkapnia a gyilkost. Évekkel később, a kommunizmus bukása után a brit rendőrség újból nyomozást rendelt el az ügyben, akkor már a bolgár hatóságokkal együttműködve. A vizsgálatok kiderítették, hogy a gyilkosságot maga Todor Zsivkov rendelte el.



rendszer összeomlik, ami halálhoz vezet. A lefolyási idő mindössze huszonhat negyvennyolc óra. A tudomány jelenleg nem ismer hatásos ellenszérumot vagy oltást, bár tudósok jelenleg is dolgoznak rajta. Mivel a ricin rövid időn belül képes elpusztítani a sejteket, a szakemberek azt is vizsgálják, hogy felhasználható lenne-e a rák gyógyításában.

A ricint fegyverként már az első világháborúban is felhasználták, majd a második világháború során egy wiltshire-i katonai létesítményben ricinbombát – amely a szer kódnevéről W-bombaként vált ismertté – is előállítottak. Még a hidegháború éveitől nagy visszhangot váltott ki az az eset, amely során ricinnel gyilkoltak meg egy ismert bolgár író. Georgi Markov 1969-ben disszidált a kommunista Bulgáriából, majd Nagy-Britanniában letelepedve a BBC-nél és a Szabad Európa Rádióval kezdett el dolgozni. Írásaiban kíméletlen hangnemben kritizálta a kommunista rezsimet.

Néhány éve hét észak-afrikai származású férfit tartóztatott le a Scotland Yard Londonban, miután lakásukon a világ egyik legveszélyesebb mérgeinek, a ricinnek a nyomaira bukkantak. A megdöbbentő eset nyomán Tony Blair, akkori brit miniszterelnök kijelentette: a bioterrorizmus veszélye „valós és szinte beláthatatlan következményekkel járhat”. A hivatalos tájékoztatás szerint a kommandósok a cellákásokban különféle felszereléseket és anyagokat találtak, valamint a ricin nyomaira bukkantak.

A szobanövények, gyümölcsfák, sövények, ünnepi növénydíszek is okozhatnak mérgezéseket. A mikulásvirág fehér tejnedve bőr-irritációt vagy a szervezetbe kerülve súlyos gyomor- és bélpanaszokat okoz. Ha a torok nyálkahártyájával érintkezik, akkor az megdagadhat, nyelési nehézségeket okozhat. Ha arra gyanakodnánk, hogy gyermekünk lenyelte a növény valamelyik részét, azonnal forduljunk orvoshoz. A gyümölcsfák akkor jelentenek veszélyt, ha a termésen kívül a növény egyéb részeit is megesszük. Az alma, szilva, sárgabarack, őszibarack és a cseresznye, vitamindús gyümölcsök, de a magok, levelek, kéreg és a gyökér elfogyasztása cianid mérgezést okozhat. Gondot okozhat a sövény is. A fagyal és a tiszafa halálos mérget tartalmaznak. Az állatok nem rágják meg a

táplálékot, ezért számukra kevésbé mérgező a tiszafa bogyója, mint az emberre. Ünnepek alkalmával is kerülhetnek otthonunkba mérgező növények. A fagyöngy karácsony táján divatos lakásdísz, pedig tejnedve erősen mérgező, akár az európai, akár az amerikai változatról van szó. Méreganyagai erősen lecsökkentik a vényomást, és halált okozó tüneteket is előidézhetnek. A kisgyermekeket különösen óvni kell a fagyöngytől.

A régi időkben a növényi mérgek mennyiségi meghatározása a holttestben szinte lehetetlen feladat volt, ma a legmodernebb eszközök állnak a kutatók, szakértők rendelkezésére, és segítik őket a vizsgálatokban. Az Országos Toxikológiai Intézetben az elmúlt években nem találtak olyan jellegű feladattal, amikor növényi mérget kellett volna egy holttestből kimutatni, rendelkeznek azonban a szükséges felszerelésekkel, így egy ilyen feladat nem jelentene problémát.

Manapság a mérgező esetek túlnyomó többsége baleset, leginkább az 5 év alattiak körében fordul elő. Ezeket a mérgezéseket a gyógyszer-túladagolások mellett túlnyomó többségükben növényi mérgek okozzák, hiszen a gyerekek számára nagyon vonzóak a színes virágok, bogyók, vagy a különböző ehető növényekre hasonlító vadon termő fajok. A mérgek túlnyomó többségére van ellenmérge. A növényi mérgezések azonban érinthetik azokat a felnőtteket is, akik rendszeresen, de nem kellő körültekintéssel és tájékozottsággal használják a gyógynövényeket és növényi készítményeket. A növényi hatóanyagokról inkább az egyre gyakoribb túlérzékenységi, azaz allergiás reakciók, és a különféle illegális, kábítószer-jellegű felhasználások kapcsán hallhatunk. Az Országos Kémiai Biztonsági Intézet (OKBI), több évtizede információt szolgáltat a növények által okozott mérgezési esetekben, valamint évente köteles jelentést tenni az országban történt mérgezési esetekről, így a növények által okozott mérgezésekről is. A növények által okozott mérgezések száma évről-évre emelkedik és főleg a kiskorúaknál fordul elő nagy számban. Világviszonylatban a növényi mérgezések, a mérgezések 10%-át képezik. A 2010-es évben Magyarországon az összes mérgezés 5,73%-a volt növényi eredetű.

Megfigyelhető volt, hogy leginkább gyerekek

esnek növényi mérgezések áldozatául: az összes eset (120 fő) 50%-a az 1-4, 25%-a pedig az 5-14 éves korosztályból került ki. Szerencsére ebben az évben sem történt halálos kimenetelű mérgezés Az OKBI Toxikológiai Tájékoztató Szolgálatának, röviden az ETTSZ-nek törvény által előírt kötelessége a veszélyes anyagok, növényi mérgek nyilvántartása és a népesség ezekről való minél szélesebb körű tájékoztatása. 24 órás ügyeletükön telefonon is információt, tájékoztatást adnak.

A mérgező növények ismerete nemcsak segít a mérgezések elkerülésében, de a kémia mindennapi életben való fontosságára is rámutat. A közoktatási kémiában való tárgyalása ezért mindenképpen ajánlható.

Gere Dóra, ELTE Kémia BSC



Irodalmak:

- Dr. Bordás Imre és Dr. Tompa Anna: Mérgező növények, növényi mérgek, Országos Kémiai Biztonsági Intézet, Budapest, 2006.
http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_poison
<http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session2/group12/ancient.htm>
<http://www.patikamagazin.hu/cikk/index/5886>
 Huszadik Század folyóirat, 1903. májusi számából
 Kincses Ajtay Mária: Mérgező növények Kossuth Kiadó 1993.
<http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session2/group12/middle.htm>
<http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session2/group12/renaissance.htm>
 Magyar Nagylexikon IV. (Bik-Bz) Akadémiai, Budapest, 1995., 324.
<http://www.portfolio.mvm.ed.ac.uk/studentwebs/session2/group12/16th.htm>
<http://www.tarnics.hu/Elemek/mergezonoveny.pdf>
 Ingrid és Peter Schönfelder: Gyógynövényhatározó, Holló és Társa, Bp., 2001., 20-32.
 Pokorny László: Mérgező növények kézikönyve, Mentor Kiadó, Marosvásárhely, 2003., 17.
<http://www.eletminosegaloeval.hu/novenyek/hatoanyag.htm>

A gyémánt fontos szerepet játszik a természettudományokban (kémia, fizika, geológia és csillagászat) valamint a társadalom életében (ipar, történelem, kultúrtörténet, közgazdaságtan, irodalom és művészetek)

Legyőzhetetlen földön és égen

A gyémánt az emberiség számára már régóta fontos. Ebben a cikkben arról szólunk, hogy a gyémántok hol és milyen formában találhatóak, és milyen új fejlemények kerültek felszínre ezzel a különleges ásvánnyal kapcsolatban. Az összes szerteágazó területtel itt nem tudunk foglalkozni. Csak karcoljuk a dolgok felületét (és mivel karcolhatnánk jobban, mint gyémánttal?)

A gyémánt nevét az etimológia a görög adamas (adamas) szóból származtatja, ennek jelentése 'legyőzhetetlen' vagy 'keményített vas'. Néhány érdekes írásmódja az alábbi:

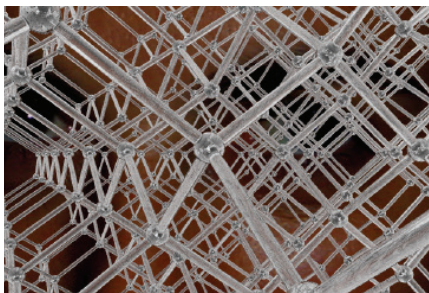


Forrás: <http://www.amnh.org/exhibitions/diamonds/>

Mi is a gyémánt? Közismert, hogy a gyémánt a szén egyik módosulata, allotrópjja. Hogy a gyémánt tiszta szénből áll, ezt az alapvető felfedezést 1776-ben tette meg Smithson Tennant, aki rájött, hogy azonos súlyú gyémánt és faszén elégetéséből azonos mennyiségű széndioxid kapható.

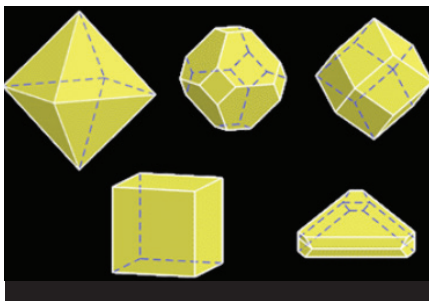
A legújabban felfedezett szénmódosulatok a fullerének, a szén nanocsövek és a grafének. A gyémánt és egyéb szénmódosulatok megjelenési formáit elektronszerkezetük szabja meg. A gyémántot sp^3 hibridizált kötés konfigurációjú (négy szomszédos atomhoz kapcsolódó) szénatomok térhálózata építi fel, míg a fullerének,

nanocsövek, grafének és maga a grafit is sp^2 hibridizált (három szomszédhoz kapcsolódó) szénatomok hálózatait tartalmazza. A gyémánt kovalens C-C kötéssel kialakított tetraéderes kristályszerkezetét mutatja be az alábbi ábra:



Forrás: http://www.nanotech-now.com/Art_Gallery/antonio-siber.htm

Ez a rácsszerkezet az alábbi kristályformákban jelenhet meg



Forrás: <http://www.amnh.org/exhibitions/diamonds/structure.html>

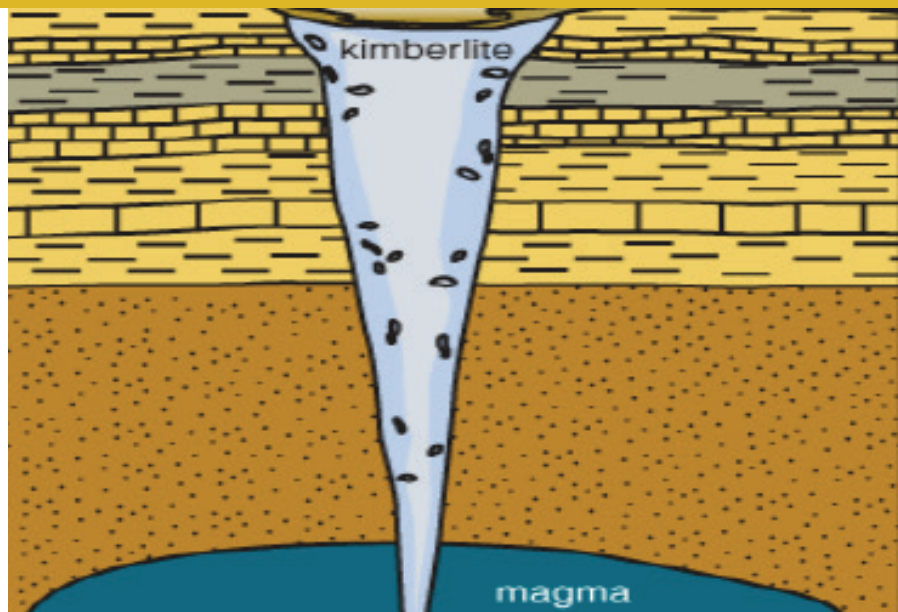
A gyémánt a szénnek metastabilis formája, ugyanis a Föld felszínén uralkodó körülmények között a termodinamikailag stabilis forma a grafit. A grafit szabad energiája jóval kisebb, mint a gyémánté. A gyémánt tehát, ezen az elvi alapon, magá-

tól átalakulhatna grafitra. Azonban ehhez szét kell rombolni a gyémánt sp^3 konfigurációjú rendkívül erős kovalens kötéshálózatát és ki kell alakítani a grafit kristályszerkezetét.

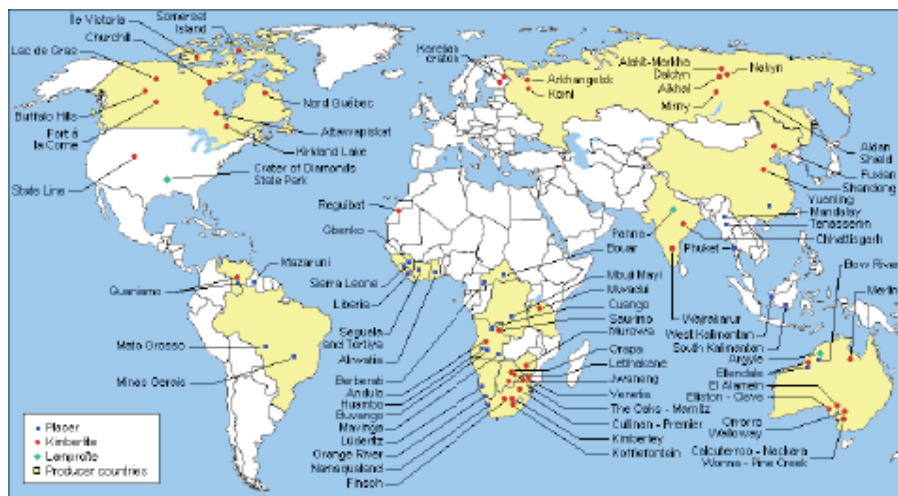
Emiatt igen nagy, ún. aktivációs energiágot kell 'átugrani', így szobahőmérsékleten és nyomáson kb. 10^{10} évbe telne, amíg a gyémántból spontán grafit képződik. A gyémánt kinetikus kémiai stabilitása biztosítja, hogy szokványos környezetben praktikusan örökéletű legyen.

A természetes gyémánt kialakulása a földgolyó belsejében, a földköpenyben, igen nagy mélységben, mintegy 150 km mélyen történt, és pedig nagyon régen. Egyes természetes gyémántok több, mint 3 milliárd évvel ezelőtt keletkeztek az ott található szénatomokból a köpenyben uralkodó óriási nyomáson és rendkívül magas hőmérsékleten, ezért a gyémántok talán a legrégebbi ásványok. A földfelszínre kerülés igen gyorsan történt vulkánkitörések folyamán, a gyémántok gyorsan lehűltek és nem volt alkalmuk grafitra alakulni. Ezeknek az ősi vulkánkitöréseknek eredményeképpen felfelé

A gyémánt kinetikus kémiai stabilitása miatt szokványos környezetben praktikusan örökéletű



Forrás: <http://www.kgs.ku.edu/Publications/GeoRecord/2000/vol6.1/Page1.html>



A gyémánt előfordulások elhelyezkedése, forrás: <http://www.info-diamond.com/rough/map.html>



Egy kiaknázott délafrikai kimberlit csatorna, forrás: <http://www.thunderbolts.info/tpod/2010/arch10/100125kimberlite.htm>

HÍRES CSISZOLT GYÉMÁNTOK

A híres Koh-i Noor gyémánt a brit anyakirálynő koronáját ékesíti, mely a babona szerint a férfiakra bajt hoz, csakis nők viselhetik. A legnagyobb afrikai gyémánt, a Star of Africa a máltai keresztben végződő jogaron tündököl, eredeti, csiszolatlan súlya 3106.75 karát, azaz 621.34 g, tehát jóval több, mint fél kiló. Az ebből csiszolt Cullinan gyémántok is a brit királyi család birtokában vannak.

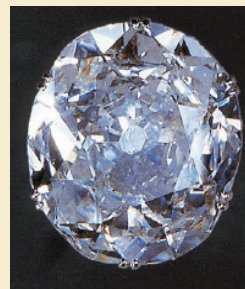
A Cullinan gyémánt (Star of Africa), 3106.75 karát, 1 karát súlya 200 mg-mal egyenlő.

Forrás: <http://www.tiptoptens.com/2011/02/14/top-10-most-expensive-diamonds-in-the-world/>



A Koh-i-Noor gyémánt, csiszolt súlya 105 karát, forrás:

<http://www.tiptoptens.com/2011/02/14/top-10-most-expensive-diamonds-in-the-world/>



Az Orlov gyémánt, csiszolt súlya 189.6 karát, forrás: <http://www.smashinglists.com/10-legendary-diamonds-from-history>

táguló répaszerű magmacsatornák jöttek létre. Ezeket kimberlit vagy lamproit csatornáknak nevezik. Az előző oldali rajzon apró rögök jelzik a csatornában elhelyezkedő gyémántokat. A csatornákból bányásszák a gyémántokat. Ezenkívül a magmacsatornák eróziója következtében a gyémántok folyómedrekben és egyéb alluviális forrásokban is megtalálhatók a magmacsatornák közelében.

Azonban a Földön olyan gyémántok is találhatóak, amelyek nem itt keletkeztek, hanem a külső naprendszerből ill. a világűrben származtak. Esetenként földrehullott meteoritokban is felfedezhetünk igen apró, néha nanoméretű gyémántokat. 1888-ban találtak először olyan meteoritot (ureilit), amelyben olivine és piroxénkristályok között grafit és gyémánt is előfordult. A szokványos gyémánton kívül annak hexagonális formája is előfordult, ezt felfedezője után (Kathleen Lonsdale ír kristallográfus) lonsdaleitnek neveznek. A lonsdaleitot a Canyon Diablo meteoritban

azonosították. Egy ureilit meteorit képe az alábbi:

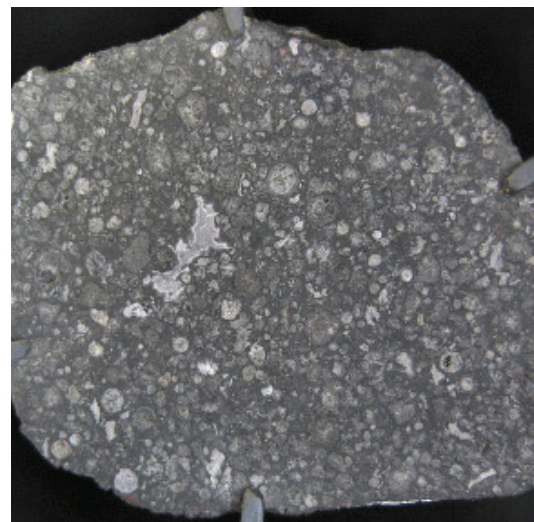
A meteoritokban található gyémántok még a Naprendszer keletkezésénél is idősebbek lehetnek, találtak olyanokat, amelyek korát 5 milliárd évre teszik. A kormeghatározás alapja a ^{12}C : ^{13}C és más izotóparányok analízise. A meteoritikus gyémántokra vonatkozóan több elmélet is van. Az egyik lehetőség, hogy a meteoritok földi becsapódást követően, vagy az űrben történt ütközések során jönnek létre. További lehetőség, hogy a világűrben alacsony nyomásokon képződnek, hasonlóan a laboratóriumban alkalmazott gőzfázisú kémiai leválasztási (CVD) folyamatokhoz (lásd később).

A híres Allende meteorit 1969. február 8-án zuhant le Chihuahua-ban, Mexikóban. Talán a legtöbbet tanulmányozott meteorit. A Naprendszerben idősebb nanogyémántokat fedeztek fel benne. Tipusa széntartalmú chondrit, képe jobbról látható.

A legújabb csillagászati kutatások



<http://www1.newark.ohio-state.edu/Professional/OSU/Faculty/jstjohn/Outer%20Space%20Rocks/Ureilite.htm>



http://en.wikipedia.org/wiki/Allende_meteorite

lélegzetelállító új felfedezésekre, vagy legalábbis feltételezésekre vezettek. A csillagászok úgy gondolják, hogy találtak egy olyan csillagot, amely átalakulásait követően gyémántból álló bolygóvá kondenzálódott. Ezt az égitestet egy ausztráliai rádióteleszkóppal sikerült megfigyelni. Azóta több más rádióteleszkóppal is ellenőrizték. A bolygó egy pulzár-típusú csillag körül kering a Kigyó csillagképpen. A pulzár (PSR J1719-1438) egy periódikusan gyorsan változó intenzitású rádióforrás (ciklusa néhány milliszekundum). A ciklus analízise vezetett a bolygó felfedezésére. Az analízis alapján megállapították, hogy a bolygó sűrűsége a platinához hasonló. Eredetileg egy ún. fehér törpe volt, ami a pulzár vonzásában elvesztette tömege 99.9%-át. Sűrűség adatai alapján zömében szénből és oxigénből állhat, és kristályos anyag, ezért nagyrésze valószínűleg gyémántszerű. Ha megbecsülnénk hány karátos, iszonyú nagy számot kapnánk. Persze, ezt a gyémántot sohasem fogjuk megkaparintani, márcsak azért sem, mert a Földtől mért távolsága 4000 fényév. A pulzár és a gyémántbolygó együttesének fantáziaképe a Nap (sárga korong) méretéhez hasonlítva atúloldalon található, a kék hullámvonal jelképezi a pulzár által kibocsátott rádiófrekvenciás sugárzást.

Eddig természetes gyémántokról volt szó, de a modern, mai időkben már igen



jelentős mennyiségben állítanak elő mesterséges, szintetikus gyémántokat, a legkülönbözőbb formákban. Persze nem ékszer-gyémántokról van szó, hanem ipari célokra használható nyersgyémántokról. Az évente termelt gyémánttömeg több, mint 80%-a mesterséges gyémánt. Ezek jelentősége meghatározó a különböző anyagmegmunkálási folyamatokban, ipari gyémántok nélkül a modern technológia nem létezne. Használják fűrésra, vágásra, csiszolásra és sok egyéb finomabb célra is, pl. hőcsapdaként számítógépekben, optikai ablakok formájában, sűrűdáscsökkentő felületi bevonatokban, vagy tiszta gyémántból álló mikrokapcsolókban.

A mesterséges gyémánt szintézisének gondolata igazából azután merült fel, amikor felismerték a Föld köpenyében uralkodó körülmények gyémántképző hatását. Azonban ezt megelőzően már pl. 1893-ban Ferdinand Frederick Henri Moissan elektromos ívkemencében állított elő gyémántot vas és grafit keverékéből. A megolvastott vas hirtelen lehűtésével előállt nagy nyomás hatására a grafit egy része gyémánttá alakult. Moissan kemencéjét és őt magát láthatjuk a mellékelt képen.



Henri Moissan gyémántot készít, forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_diamond

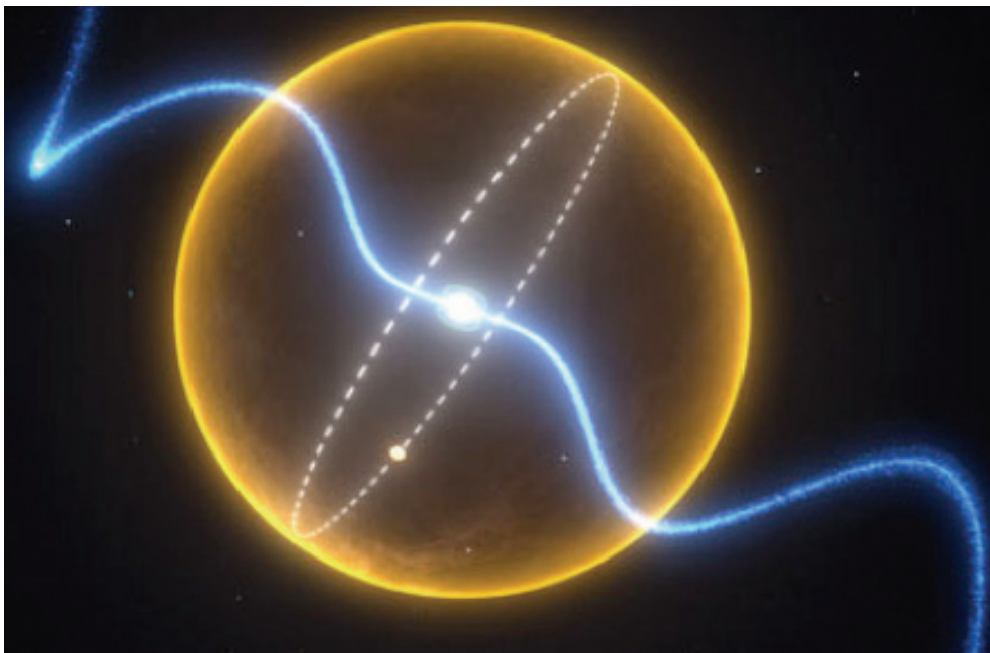
Speciális berendezésekben igen nagy nyomásokon és magas hőmérsékleten (HPHT = high pressure high temperature) az 1950-es években állítottak elő a General

Electric laboratóriumaiban szintetikus gyémántot. Ezek általában szennyezett kristályok (a folyamatban használt fémkatalizátorok miatt), de ma már elő tudnak állítani ékszer minőségű köveket is.

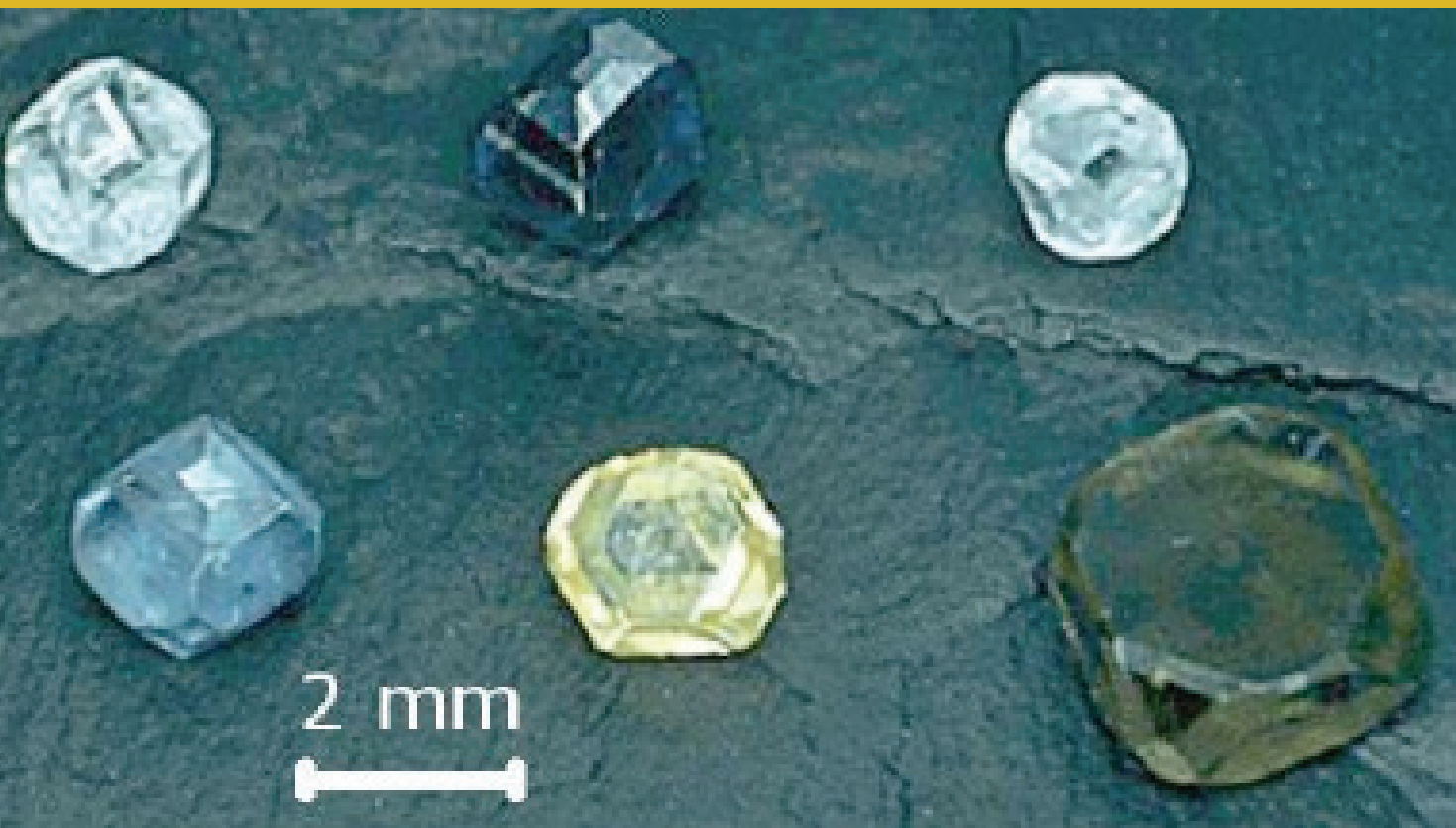
A következő oldalon láthatunk HPHT módszerrel előállított gyémántokat:

Szélsőséges körülmények uralkodnak rövid időre a robbanások terében is. Detonációs módszerrel először 1962-ben szovjet kutatók (élükön Vjacseszlav Danyilenkó) állítottak elő nanoméretű gyémántokat (nanogyémántokat) Chelyabinszkban, egy nukleáris intézetben. A detonációhoz oxigénhiányos robbanóanyagok (trinitro-toluol és hexogen) keverékét használták. A detonáció során kb. 5 nm méretű gyémánt részecskék keletkeznek a robbanási hullám terjedésének első néhány mikroszekundumában. A következő oldal alján látható az ultradiszperz gyémántnak is nevezett nanogyémánt.

Azonban a gyémánt szintéziséhez nem feltétlenül szükséges nagy nyomás; légköri, vagy még alacsonyabb nyomásokon is előállítható gyémánt a kémiai gőzfázisú leválasztás (CVD: chemical vapor deposition) eljárással, ill. lángok felhasználásával. Itt



A pulsar (fehér gömb a kép közepén) és a gyémántbolygó (pályáját a szaggatott vonal jelzi) együttese a Nap (sárga korong) méretéhez hasonlítva, forrás: <http://www.astronomy.com/~link.aspx?id=564662dd-601e-466e-a1e0-79d493b9e09b>



Szintetikus gyémántok, forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_diamond

ez utóbbiakról ejtünk egy-két szót.

A gyémánt szénhidrogén lángokból való leválasztását az égés nagyon exoterm kémiai reakciói teszik lehetővé, továbbá a lángokban keletkező kismolekulájú szabadgyökök (C_2 , CH , C_2H , CH_3 , ill. a levegő nitrogénjével képzett gyökök, főként NH). Ezt az eljárást elsőként Yoichi Hirose japán kutató alkalmazta 1988-ban acetilén/oxygen láng felhasználásával, amit hűtött fémfelületre irányított. A polikristályos gyémántfilm ezen a felületen képződött. Ez a hegesztő pisztolyokban használt gázkeverék $3000\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű lángot produkál. Leválasztási felület gyanánt több kutató vízzel hűtött molibdén alkalmazott, a gyémántfilm tapadását a molibdén felületén kialakuló molibdén karbid biztosítja. Ha a leválasztást $C60$

fullerénnel borított felületen végzik, a kialakuló film egykristályos gyémánt lesz.

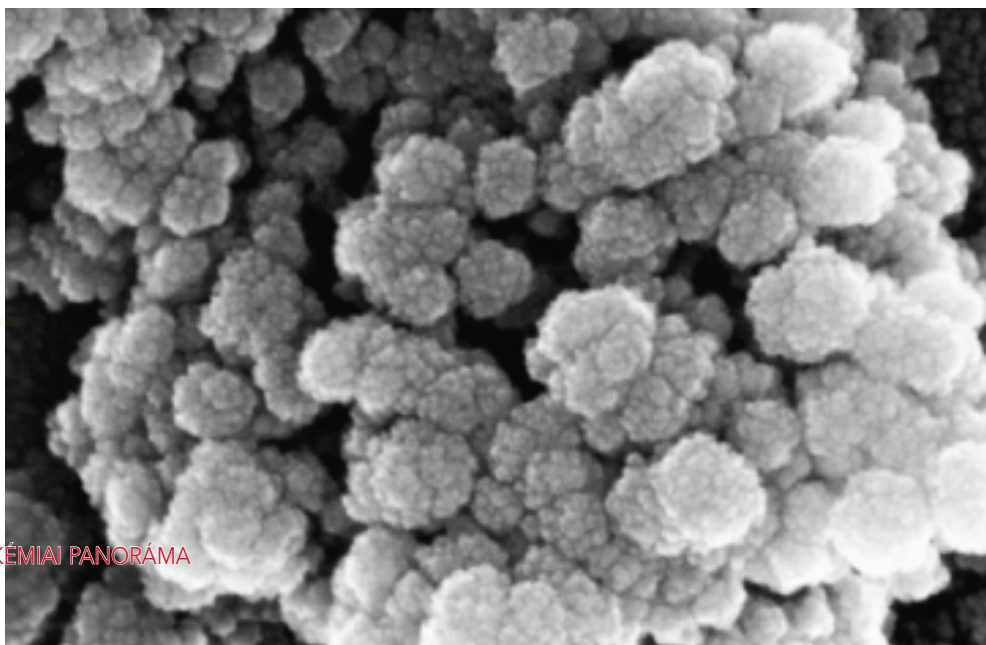
Egy ilyen lánggal képzett felületi polikristályos gyémántfilmet láthatunk a következő oldalon. Az egyedi gyémántkristályok mérete több tíz mikron is lehet.

Angliában dolgozó kínai kutatók 2011-ben felfedezték, hogy nanogyémántok találhatóak a közönséges gyertya lángjában.

A következő oldali fényképet a jelen szerző készítette egy adventi gyertyáról.

A nanogyémántokat úgy fedezték fel, hogy a gyertyalángban keletkező részecskéket speciális módon zsugorított alumíniumoxid kerámia lemezekre gyűjtötték. A lemezek síkjára merőlegesen futó keskeny csatornácskák a lángban keletkező apró részecskéket átengedik anélkül, hogy a lángban zajló folyamatokat megzavarnák.

[http://www.google.hu/search?q=detonati on+nanodiamond+pictures&hl=hu&prmd=imvns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=rCeUT_XYF8fStAaF4pDXBg&ved=0CHUQ](http://www.google.hu/search?q=detonati+on+nanodiamond+pictures&hl=hu&prmd=imvns&tbn=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=rCeUT_XYF8fStAaF4pDXBg&ved=0CHUQ)

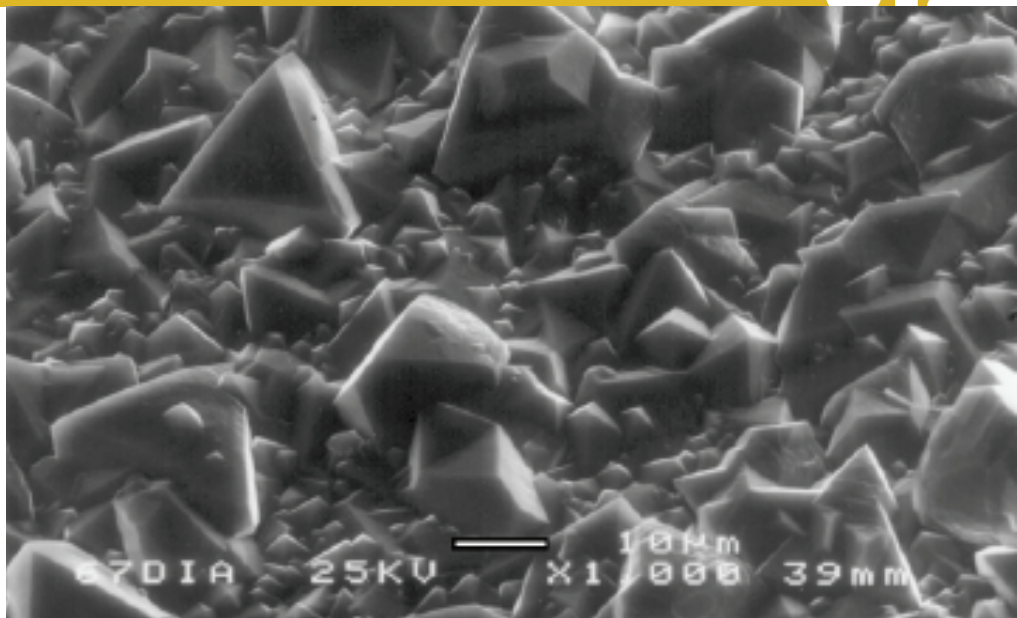




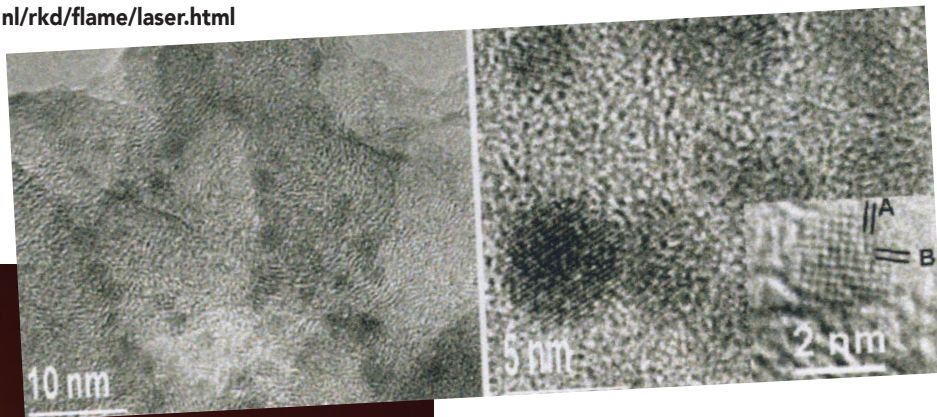
A nagyobb részecskék azonban fennakadnak a láng különböző magasságában elhelyezett kerámia lemezeken és nagyfelbontású mikroszkóppal, ill. elektrondiffrakciós vizsgálattal analizálhatók.

Mi várható a kémiai és fizikai tisztítás után kapott nanogyémánt felhasználásának területén? Elsősorban felületi megmunkálással nagyon kis sűrűségű mechanikus elemek állíthatók elő. Használható anyagkompozitok (pl. fémek, ötvözetek, műanyagok, üveg és kerámiák) mechanikus szilárdságának növelésére.

Elképzelhető elektronemittáló katódok előállítására, felületi gyémántrétegek növesztésére, vagy fluoreszcencia mikroszkópiában való alkalmazásra. Vizsgálják még felhasználásukat katalizátorok hordozójaként, biológiai-orvosi sejterápiában, napenergia hasznosításában. Ígéretes lehet aktív ágensek hordozójaként is a rákterápiában. Sikeresnek ígérkezik még biokompatibilis, többréteges borítófelületek előállítása ilyen anyagokból, és foglalkoznak pormetallurgiai alkalmazások kidolgozásával is.



Lánggal képzett felületi polikristályos gyémántfilm, forrás: <http://rkddb.home.xs4all.nl/rkd/flame/laser.html>



Nagyfelbontású transzmissziós elektronszkóppal készült felvételek mutatják a gyertyalángból felfogott gyémántgócok kristályos szerkezetét, forrás: <http://www.rsc.org/suppdata/cc/c0/c0cc05785a/c0cc05785a.pdf>

Ki hinné, hogy ebben a lángban milliárdnyi nanogyémánt lappang!



További olvasnivalók:

G. Vermusch, A gyémánt története, Kossuth Könyvkiadó, 1987.

<http://www.amnh.org/exhibitions/diamonds/>

Braun Tibor, A szénnanokémia ékszerai. Detonációs nanogyémántok, Magyar Kémikusok Lapja, 47, 7, (2012)

Zixue Su, Wuzong Zhou and Yang Zhang, New insight into the soot nanoparticles in a candle flame, Chem. Commun. Vol. 47, 4700-4702 (2011)





A VEGYIPAR

A szódagyártás két nagy géniusza Leblanc és Solvay: egyik öngyilkos lett, a másik meggazdagodott

ELINDÍTÓJA

Nem is gondolnánk, hogy egy egyszerű szeretlen sónak, a nátrium-karbonátnak (Na_2CO_3), vagyis a szódának köszönheti indulását a vegyipar. Ez az egyszerű anyag volt az első nagy méretekben (100 ezer tonna/év!) mesterségesen előállított vegyszer.

Amíg a szóda előállítására nem létezett ipari eljárás, addig vagy bányászattal jutottak hozzá (pl. az egyiptomi lerakódásokból, hazánkban a sziksohoz a nagyalföldi tavakból), vagy különféle növények hamuiból. Ez utóbbi annyira jelentős volt, hogy a például a 18. század folyamán fahamu volt az egyik legjelentősebb export tétel az amerikai brit gyarmatokról. A fahamuból jutottak a hamuszírhoz, melyből kálium-karbonátot nyertek ki.

A fa azonban az európai fahiány és a források messzesége (Oroszország, Skandinávia,

Észak-Amerika) miatt nem volt könnyen hozzáférhető. Kézenfekvőbb megoldás volt a különféle tengeri növények elégetése, mely révén nátrium-karbonáthoz lehetett jutni. A mediterrán területeken, főleg Spanyolországban, a barilla nevű növény hamuja 25-30% szódát tartalmazott, így ezt használták. A brit ipar növekvő igényeit a Skócia partjainál aratható óriás barna hínárral, a kelpel próbálták kielégíteni. (Skóciában ez éves szinten 25 ezer tonna növény learatását jelentette, mely 100 ezer embernek adott munkát a betakarítási idejében!) Azonban mindezek legfőbb problémája – a változó minőség és szódataralom mellett – a források időszakossága volt. A növekvő igények miatt a szóda gyártására egy méret-növelhető, gazdaságos eljárás kidolgozása vált szükségessé.

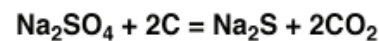
A XVIII. századi Franciaországban a francia üveg- és textilipar szódaigényeit csak importból tudták fedezni. Mivel az Atlanti-óceánt a brit flotta uralta, így elapadtak a tengerentúli hamuszír források. 1783-ban XVI. Lajos utasította a Francia Tudományos Akadémiát, hogy 2400 lívrés díjat tűzzön ki a nátrium-kloridból kiinduló gazdaságos szódaszintézis megvalósításáért.

Egy Solvay-féle üzem felépítése drágább, de fenntartása 70%-kal olcsóbb volt mint egy Leblanc-üzemé

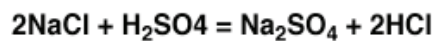
(Ekkor egy jobbágy éves bére kb. 45-100 livre volt.)

A díj kihirdetése után Nicolas Leblanc (1742-1806), az orleans-i herceg háziorvosa elkezdte tanulmányozni a szódagyártás problémáját. A Sorbonne-on Jean D'Arcet (1725-1801) kémia professzor laboratóriumában végzett kutatást anyagilag maga a herceg támogatta. A megoldás öt év alatt Michel Jean Jérôme Dizé (1764-1852) segítségével született meg.

Az eljárás kidolgozásának két fontos előzménye volt. Az egyik, Henry Luis Duhamel du Monceau (1700-1782) felfedezése, a glaubersó szenes redukciója:



A másik, Joseph Francois Malherbe de la Metherie (1733-1827) 1777-es felismerése, amikor rájött, hogy a kősóból előbb glaubersót kell készíteni:



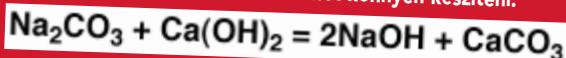
Ezekből kiindulva Leblanc rájött, hogy mészkő használatával egyszerre oldódik meg a redukció és a cserebomlás reakciója. A Leblanc-eljárást az alábbi ábra szemlélteti:

Első lépés a konyhasóból Glaubersó (Na_2SO_4) készítése. A második lépés egy szenes redukció mészkő jelenlétében. Az így

A SZÓDA HASZNA

Lássuk, hol és miben használták, illetve használunk ma is szódát:

- ❖ Üvegyártás (megfelelő szilikátokkal és mészkővel keverve, a szódát magas hőmérsékletre hevítik, majd hirtelen lehűtik, így nyerve üveget)
- ❖ Textilipar (a textílfestékek fixálására, azaz a szövethez való kötésére használták)
- ❖ Fehéritőszert papíriparban, illetve textiliparban
- ❖ pH szabályzó (pl. fényképelőhívásnál fontos szerepe van)
- ❖ Környezetbarát takarítószer (rendkívül jól eltávolítja a zsíros szennyeződésekkel valamint vízkömentesítésre is jó)
- ❖ Vízlágyító
- ❖ Közösségi uszodákban a fertőtlenítésre használt klórt semlegesíti
- ❖ Kémiában: Elektrolit és titrálószer
- ❖ A szódából nátrium-hidroxidot lehet könnyen készíteni:



legnagyobb vegyipari gyár egész Európában! A XIX. század közepére már évi 70 ezer tonna szódát állítottak elő Nagy-Britanniában, aminek a hatására megnőtt az igény a kénsav iránt is (ld. *Kénsavgyártás* című cikkünket a Kémiai Panoráma 7. számában) és az ólomkamrás kénsav gyártó egységek a Leblanc-üzemek részét képezték. A szóda tette Nagy-Britanniát a XIX. század közepére a világ uralkodó vegyszer-előállító-jává.

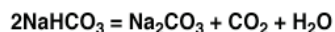
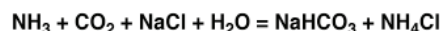
A szóda tömeges gyártásának köszönhetően a nátrium-hidroxid, a nátronlúg is olcsóvá vált. Ez forradalmasította a szappan és mosószergyártást, mert a szappan ára ekkor csökkent le annyira, hogy mindenki számára elérhetővé vált!

Azonban ennek is meg volt az ára. Az alkáli-ipar felemelkedése nagymértékben megváltoztatta Nagy-Britannia tájképét és gazdaságát. A skót kelp gyűjtők jó része tönkrement, bár a kelpet a benne található jó és bróm miatt tovább gyűjtötték, de már jóval kisebb mértékben. Emellett a Leblanc-eljárás egyáltalán nem környezetbarát. A keletkező sósavat kezdetben kiengedték a légkörbe, ahol pusztította a növényzetet, az épületeket, a fémesszőzöket. Az 1863-as Brit Alkáli Rendelet a szóda gyárakat a kibocsátás 95%-kal történő csökkentésére kötelezte. Ennek hatására elnyelték a sósavat, melyet a közeli folyókba engedtek, majd később a sósavból klór gáz állítottak elő. A fekete hamut - amely főleg kalcium-szulfidból (melyből nedvesség hatására mérgező kénhidrogén szabadult fel) és szénből állt - egyszerűen csak a tengerbe dobták vagy elhagyták bányákban gyűjtötték, vagy csak felhalmozták üresen álló földeken a szántóföldek mellett. A kén visszanyerésére történő számos próbálkozás ellenére csak az 1880-as években jöttek rá, hogy széndioxid átfuvatással kénhidrogén formájában tudják ezt elérni.

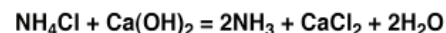
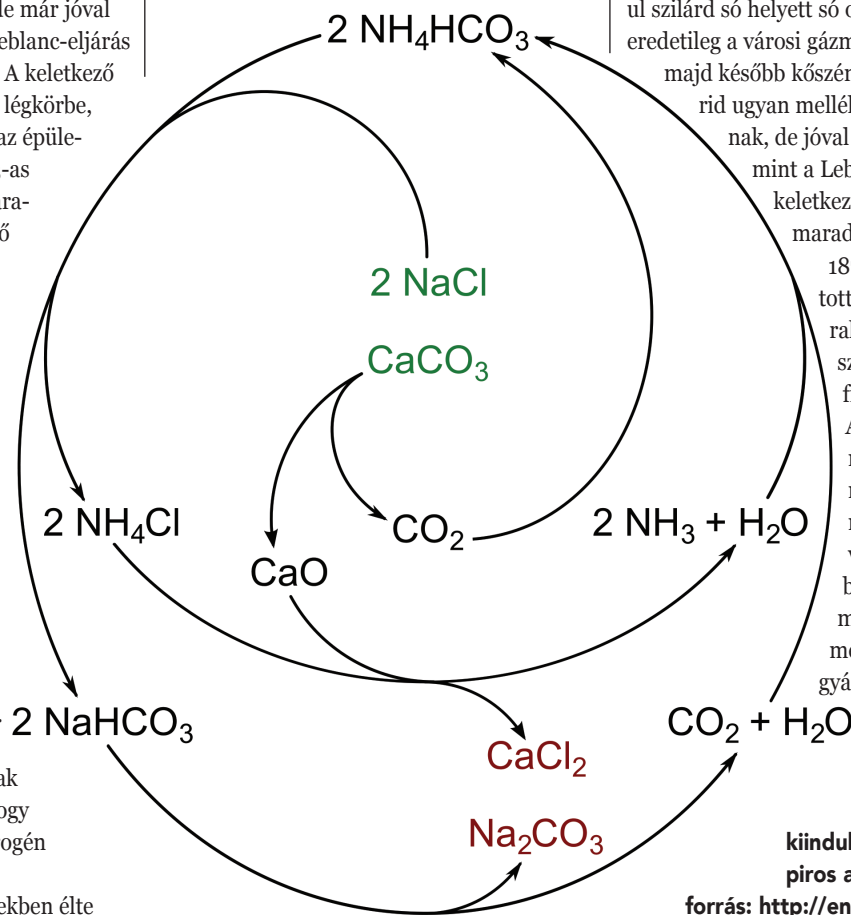
A Leblanc-eljárás 1860-as években élte fénykorát, amikor így állítottak elő 200 ezer

tonna szódát évente! 1870-es évektől fokozatosan felváltotta a jóval gazdaságosabb Solvay eljárás. Az utolsó Leblanc-féle eljárással működő üzemet Nagy-Britanniában 1920-ban zárták be.

A Solvay eljárás története 1861-ben kezdődött, amikor a belga Ernest Solvay (1838-1922) szabadalmaztatta a kevésbé környezet-szennyező és gazdaságosabb szódagyártási módszerét. Az eljárás lényege, hogy ammónia gázt és szén-dioxidot vezettek tömény konyhasó oldatába. Ennek hatására csapadékként nátrium-hidrogénkarbonát vált le, amiből izzítással lehetett szódát kapni:



A felhasznált szén-dioxid fele (lásd fent), és az ammónia is visszanyerhető a következő hasáb tetején látható reakcióval:



Az egymást követő lépéseket és a visszaforgatási lehetőségeket szemlélteti az oldal alján lévő ábra.

1865-re Ernest Solvay és fivére Alfred Solvay felépítették az első üzemüket a belgiumi Couillet-ben, amely naponta 600-750 kg szóda előállításra volt alkalmas. Azonban az év őszén a gyár főegysége felrobbant. A gyárat édesapjuktól kapott kölcsönből újjáépítették és ez már napi 1 tonna szóda előállításra volt képes. 1872 végére a termelést már 10 tonna/nap-ra növelték meg. A második, jóval nagyobb gyárukat az észak francia Nancy közelében létesítették 1874-ben.

Egy Solvay-féle üzem felépítése drágább volt, mint egy Leblanc-üzemé, de a fenntartása már akkor is 70%-kal olcsóbb volt! Ennek oka, hogy egy Solvay-gyár jóval olcsóbb kiindulási anyagokat használ, például szilárd só helyett só oldatot. Az ammóniát eredetileg a városi gázművektől nyerték, majd később kőszénből. A kalcium-klorid ugyan mellékterméke az eljárásnak, de jóval kisebb mennyiségű, mint a Leblanc-eljárásban keletkező kalcium-szulfidos maradék.

1874-től sorban alapították a Solvay-féle gyárakat a világon, természetesen szép pénzeket fizetve a licenszért. Annyira elterjedt a módszer, hogy 1890-re ez az eljárás vált a meghatározóvá a világ alkáli termelésében. 1900-ban a 2 milliós tonnás világtermelés 90%-t Solvay-gyárak szolgáltatták.

Solvay-eljárás: zöld szín jelöli a bemenő kiindulási nyersanyagokat, piros a kijövő termékeket,

forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solvay_process_reaction_scheme.svg

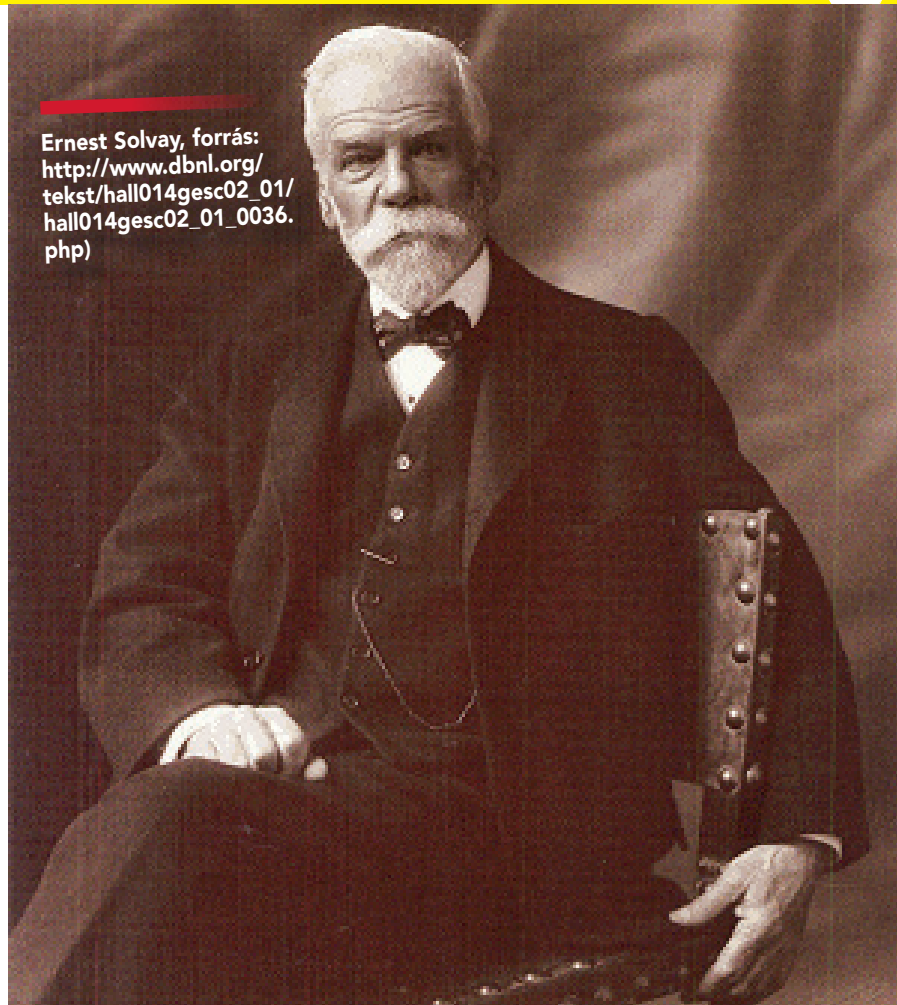


SOLVAY-KONFERENCIÁK

Miután Solvay meggazdagodott a szódagyártásból, emberbaráti tevékenységbe kezdett. Vagyonából támogatta a társadalmi és a természettudományos újításokat. Ennek egyik példája az 1911-ben elkezdett ún. Solvay-konferenciák, ahol a világ fizikusai találkozhattak. A résztvevők között megtalálhatók voltak olyan híres tudósok mint Max Planck, Ernest Rutherford, Marie Curie, Henri Poincaré, Albert Einstein, Niels Bohr, Werner Heisenberg, Max Born és Erwin Schrödinger.

Ugyancsak 1900-ban vált elérhetővé az elektrolízissel gyártott nátrium-hidroxid (NaOH), a vele keletkező klór gázzal egyetemben. Azonban az elektrolízis nem tette úgy tönkre a Solvay-gyárakat, mint a Solvay-módszer a Leblanc-féle eljárásúakat. Sőt napjainkban is a Solvay-eljárás szolgáltatja a világ alkáli-fém termelésének jó részét.

Ez alól egy kivétel van: Észak-Amerika. 1938-ban az Amerikai Egyesült Államokban található wyoming-i Green River területén felfedeztek egy szódában gazdag ún. trona-telepet (Trona = Trinátrium-hidrogéndikarbonát dihidrát, összegképlete: $\text{Na}_3(\text{CO}_3)(\text{HCO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). A bányászat jóval gazdaságosabbnak bizonyult, mint a gyártás, olyannyira, hogy a szódagyárak egymás után zártak be. Az utolsó észak-amerikai gyár (kapacitása 500 ezer tonna/év volt) 2001-ben zárt be a kanadai Ontario tar-



Ernest Solvay, forrás: http://www.dbnl.org/tekst/hall014gesc02_01/hall014gesc02_01_0036.php

ományban. Jelenleg egész Észak-Amerika igényét - ami közel 11 millió tonna/év – Green Riverből és még néhány nyugat-amerikai természetes lelőhelyből elégítik ki. Mindezek fényében elmondható, hogy a sok erőfeszítés

ellenére visszajutottunk a kezdetekhez. Mert a szóda előállítására szolgáló eljárás lehet gazdaságos, azonban még ma is a bányászat a legolcsóbb.

Horváth Dániel Vajk/ MTA Természettudományi Kutatóközpont

Az első Solvay-konferencián készült hivatalos csoportkép, Ernst Solvay-t utólag montázsolták rá a képre, mert nem volt jelen a kép készítésekor. Forrás: <http://www.nist.gov/pml/general/curie/1913.cfm>



Források:

David M. Kiefer: Chemistry Chronicles: It was all about alkali, Today's Chemist at Work, January 2002, Vol. 11, No. 1, pp 45–46, 49.

David M. Kiefer: Chemistry Chronicles: Soda ash, Solvay style, Today's Chemist at Work, February 2002, Vol. 11, No. 2, pp87-88, 49.

http://hu.wikipedia.org/wiki/Ernest_Solvay



Papírforma szerint

Papirusz kép <http://i285.photobucket.com/albums/ll64/pjsaid/Papyrus/papyrus30.jpg>

Miért sárgák az öreg könyv lapjai? Miért fáj, ha a papír szélével megvágjuk az ujjunkat? Hogyan készül otthon az újrapiír? E kérdésekre a válaszokat a papír kémiai összetételében keressük.

A papír szó egy ókori egyiptomi írásra használt anyag görög elnevezéséből, a papiruszból származik, mely az alapanyagául szolgáló növényről kapta a nevét. A Nílus deltában őshonos *Cyperus papyrus* növény eredeti élőhelyén mára csaknem kihalt. A növény háromszögletű szárát keskeny csíkokra vágva, azokat



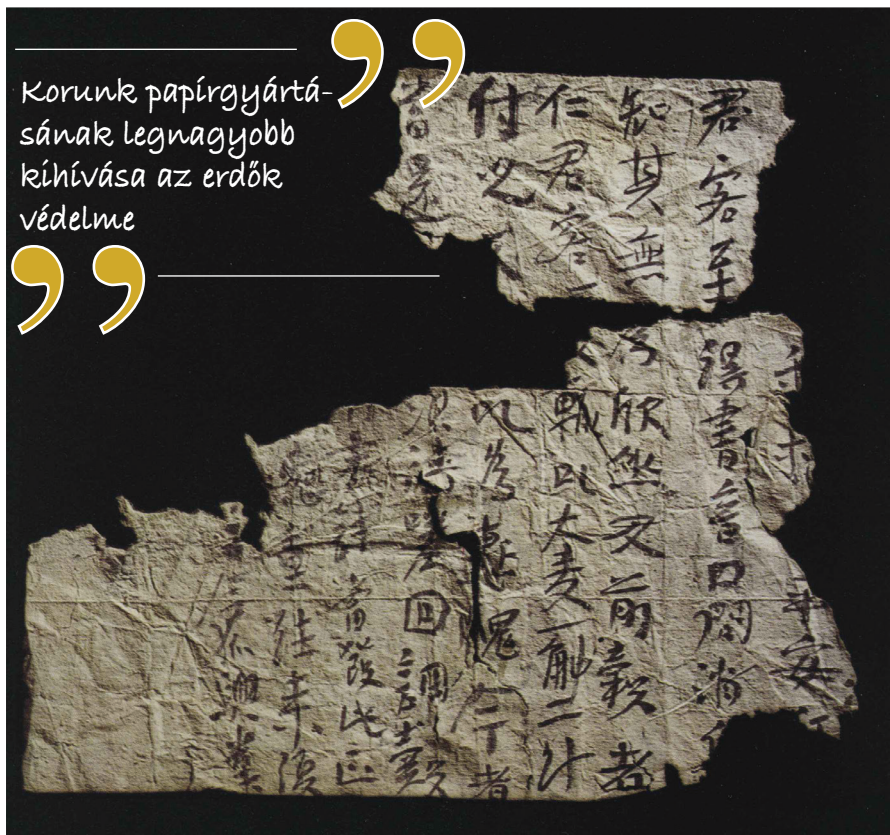
A papírfű, vagy papírnád *Cyperus papyrus*
A képek forrása: <http://en.wikipedia.org/>

rétegekben egymásra helyezve készültek az első papiruszlapok. A lapok erősítését vizes deszkán történő sulykolással majd sajtolással tették teljessé. A növényből eközben cukortartalmú nedvek szabadultak fel amelyek természetes ragasztóanyagként szolgáltak. A papiruszt tekercsekbe göngyölve szállították,

tárolták. Mivel a hajtogatást nem tűrte könyvkészítésre is alkalmatlan volt.

Maga a papír – mint számos találmány – Távol-Keletről származik. Felfedezését egy kínai nemesnek, Cai Lun-nak tulajdonítják i. sz. II. századból. A feljegyzések arra utalnak ő állított elő először mechanikus aprítással

Korunk papírgyártásának legnagyobb kihívása az erdők védelme



Ősi kínai papír az i.sz. III. századból



Középkori papírmalom Elias Porzelius (1662-1722) fametszetén

és áztatással vizes papírpépet kenderszárból és szederfa kérgéből. A pépet bambuszrudak közé feszített kezdetleges szövetszita segítségével formázta papírlappá. A szitát vizes tekőbe merítve a pép egyenletesen elteríthető a szövet felett, melyet, ha kiemelünk a vízből már vékony papírréteg fed. A napon történő szárítás során a papír rostjai egymáshoz tapadnak, a víztartalom elvesztésével a réteg elvékonyodik. A kínaiaknak sikerült több évszázadon át megtartani ezen ősi eljárás titkát, mígnem a VIII. század háborúiban a recept az arabok kezébe jutott. Az arabok továbbfejlesztették a folyamat pépgyártás szakaszát, a növényi rostokat mechanikusan aprító malmok üzembe állításával. Így lényegében megnyílt az út a papír nagyobb mennyiségben történő – bár még mindig szakaszos – előállítására előtt. Erre utalnak a Spanyolország déli, egykor mórak által lakott

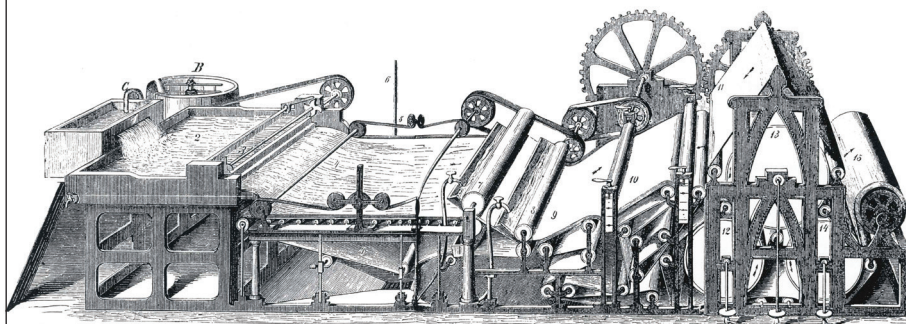
területein talált XII. századi malom maradványok.

Európába az új mesterség Olaszországon és Dél-Franciaországon keresztül került. Mivel a papír olcsóbb volt, mint az állati bőrből készült pergamen a XIV. századra lényegében kiszorította azt. A középkori kódexmá-

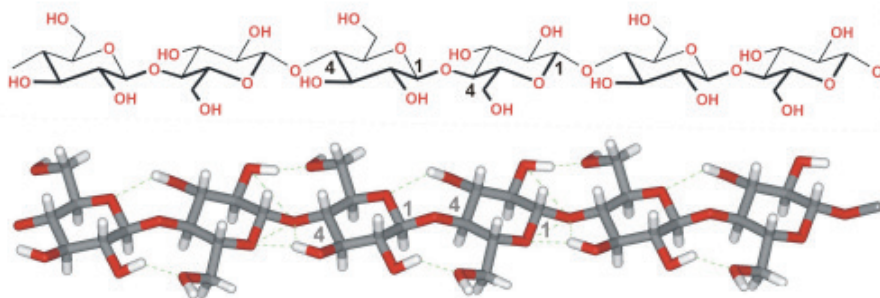
solás alapanyagigénye majd később a nyomtatás felfedezése (Gutenberg 1398-1468) szintén hozzájárult a papírkészítés eljárásának tökéletesítéséhez. Az első mesterjelek vagy vízjelek elterjedését is a papír anyagába pép állapotban bevitt rajzolatok lehetősége teremtette meg. A szakaszos papírgyártást aztán az ipari forradalom felfedezései váltották folyamatos üzeműre. Ennek egyik kulcsa a hengerek segítségével végtelenített szita alkalmazása volt, mellyel a pép adagolása és víztelenítő simítása folyamatosá vált. Az első ilyen berendezést a francia Nicolas-Louis Robert készítette 1798-ban. Készülékében a nedves papírt már hengerekre tekercselték mellyel 12-15 méter hosszú egybefüggő papírlapot készítettek. 1819-ben az angol mérnök Bryan Donkin (1768-1855) építette az első szárítóhengert, mellyel a papírgyártás folyamata a pép szitára történő adagolásától a préselésen át a szárításig immáron egy gépsoron haladhatott keresztül.

A mai technológia lehetőségeivel készíthető A4-es nyomtatópapírok 0.1 mm-es rétegvastagsága kifejezetten vastagnak számít. Ahhoz mindenestre elég vékony és erős, hogy ujjunkon fájdalmas sebet ejtjen. Az így ejtett sebek okozta fájdalomérzet is a papír szerkezetével függ össze. Szemben a fémek (pl. zsillett) által vágott sebekkel a papírlapok apró növényi rostokat hagynak hátra a sebben, ennek „köszönhető” az óráig tartó égető, irritálóan szúró érzés.

A nagyüzemi papírgyártás terjedésével előtérbe került az alapanyagok típusának gondos megválasztása és előzetes kezelésének tökéletesítése. A korábbi len és kenderrostokat hamar a nagyobb mennyiségben



Brian Donkin papírgyártó sora 1820-ból: 2 adagoló, 4 szita, 7-8 prés, 12-14 szárítóhengerek, 15 gyűjtő



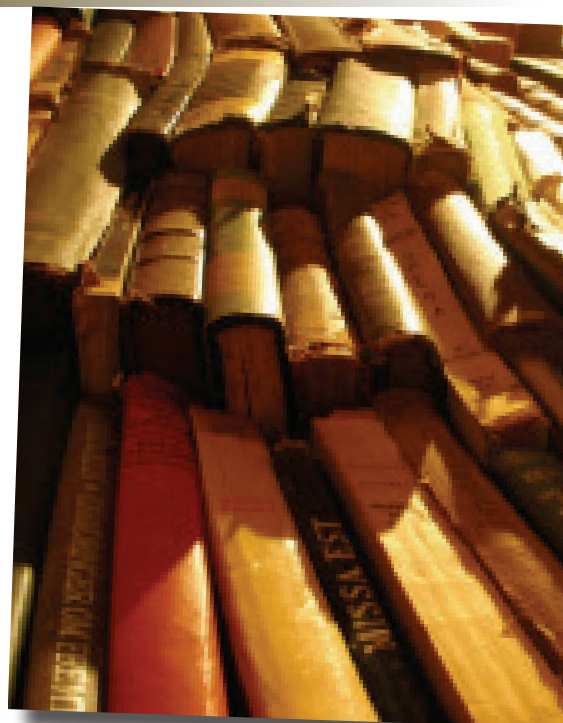
A cellulózt alkotó szénhidrátlánc hidrogénidas szerkezete

rendelkezésre álló aprított fahulladék váltotta fel. A farostok egyik sajátosága azonban, hogy idővel savas kémhatásúvá válnak és a belőlük készült papírbat további kémiai átalakulásokat katalizálnak. Ennek oka, hogy a fában a növényi rostok vázanyagát alkotó természetes poliszaccharid a cellulóz mellett ragasztóanyagként jelentős mennyiségű lignin is található. Az 1-4 helyzetben egymáshoz kapcsolódó β -D-glükóz egységek sajátos hidrogénidas szerkezetet kölcsönöznek a cellulóznak, amely önmagában hófehér, vízoldhatatlan, kémiailag viszonylag inert anyag. A fában található lignin más szerkezetű: aromás alkoholok, fenolok különféle oxigéntartalmú csoportokkal szubsztituált származékainak polimerje. Leggyakoribb komponensei a parakumaril-alkohol, koniferil- és szinapil-alkohol melyek kettőskötésű szén-

atomjai, fenolos és aromás csoportjai egyaránt reaktívak.

A lignin savas bomlástermékei idővel elhasítják a cellulóz glikozidos kötéseit, aromás csoportjai között pedig új kémiai kötések létesülnek melyek legtöbbször színes anyagokat eredményeznek. E kémiai folyamatok fény, hő valamint nedvesség hatására felgyorsulnak. Ezért tapasztaljuk, hogy régi könyveink lapjai egyszerre sárgulnak és málnának. A gyapotból, amely csaknem 100% tiszta cellulóz már savmentes alapanyagot készíthetünk melyben nem ketyeg az időzített bomba.

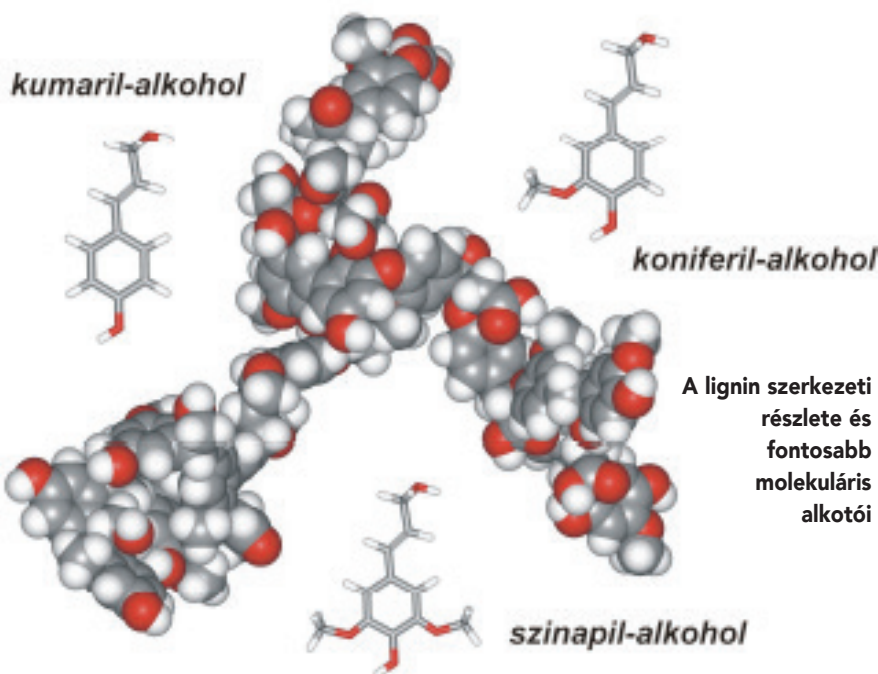
Korunk papírgyártásának legnagyobb kihívása az erdők védelme és a környezeti ártalmak további csökkentése. Ennek módja egyrészt az új környezetkímélőbb papírgyártási (fehérítés, ragasztás, színezés) technológiák



Az idő-emésztette könyvek

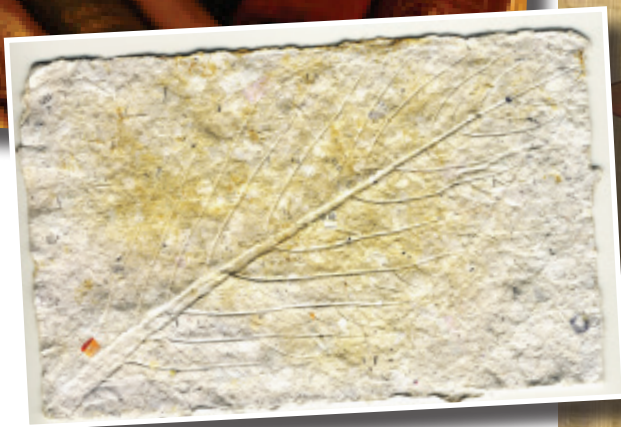
bevezetése másrészt a papír újrahasznosítása. A papírpép klóros fehérítését például fokozatosan a klórmentes hidrogén-peroxidos eljárással váltják fel. A szelektív gyűjtést követően a papírt újra pépesítik és elválasztják az értékes cellulóztartalmú rostoktól a ragasztó és festékanyagokat. A fa rostjainak részleges lebontását valamint a papírhulladék színezőanyagoktól történő mentesítését enzimekre bízzák. Megfelelő enzimek alkalmazásával különböző eredetű festéstől vagy színezőanyagtól szabadulhatunk meg. A rostok felszínén a celluláz enzimek hatnak melyek a festékrészecskéket kötő cellulózt bontják lehetővé téve az úsztatásos színtelenítést. A keményítő (ragasztóanyag) segítségével nyomtatott felületi bevonatokat az amilázok távolítják el. A préselt, természetes olaj-alapú (pl. szójaolaj) festékrészecskék megbontására pedig a lipázok alkalmasak. Az újrahasznosított papírból legnagyobb mennyiségben olyan közismert csomagolóanyagok készülnek, mint a bevásárlótasak és kartondoboz.

A papír és a cellulóz újrahasznosításának módját otthon is kipróbálhatjuk. Vegyünk néhány újságlapot vagy elrontott irodai A4-es nyomtatópapírt és áztassuk be néhány órára vízbe. Tegyük az ázott papírt egy forgóképes konyhai turmixgépbe és őröljük péppé, majd hagyjuk kicsit állni. Közben készítsük





Papirusz konzerválás, restaurálás: http://www.lib.umich.edu/files/collections/papyrus/conservation/images/fig9_lg.jpg



Házilag készített papírnyomat

el a szitánkat melyhez téglalap alakú fakeretre és sűrű dróthálóra lesz szükségünk. Merítsük a keretre feszített szitánkat a vizes fürdőbe, melybe előzőleg bekevertük a pépet. Mozgassuk néhányszor a szitát vízszintesen még a pépes vízben, hogy a rostok kiemelés előtt egyenletesen borítsák a szitát. Kiemelve a keretet a lecsorgó víz után fennmarad a szitán a merített papír. Fordítsuk meg a keretet és válasszuk le a papírt egy sima felületre, melyen szivaccsal vagy ruhával nyomkodva tovább vízteleníthetjük. Az új papírt sima felületen vagy préselve szárítsuk. Ha kedvünk és ötletünk van további kísérletezéshez, kipróbálhatjuk a semlegesítés (kalcium-karbonát), savazás (1-2 csepp háztartási sósav) és a színezés (vízfesték, krétapor) eredményét is a pépet tartalmazó fürdő adalékolásával. Figyeljük meg, hogyan függ az alapanyag kiválasztásától és aprítás idő-

tartamától az újrapiapír minősége és rétegvastagsága! Vizsgáljuk meg a cellulóztartalmú rostokat mikroszkóp alatt – így a szep szerkezetet tanulmányozva esztétikai élménnyel is gazdagodhatunk!

Tárkányi Gábor

MTA Természettudományi Kutatóközpont



Források:

Cellulose
Journal of Scientific and Industrial Research
Nature Materials
Paper Mill - Basel
Pulp & Paper

Kémiai energiából elektromos energia

Napjainkban az alternatív energiahordozók kutatása rendkívül dinamikus terület. A fosszilis energiahordozók látszólagos kimerülése és egyre magasabb ára, valamint a benzin és dízel üzemű járművekkel kapcsolatos környezetvédelmi problémák miatt a tüzelőanyag cellák kutatását egyre nagyobb érdeklődés övezi.

A tüzelőanyag cellák atyjaként Sir William Grove-ot szokták említeni, aki 1839-ben a víz elektrolízisének vizsgálatakor azt tapasztalta, hogy az alkalmazott áram kikapcsolása után ellenkező irányú áram indul el. Ezt az áramot az okozza, hogy az általa használt egyik platinaelektrodnán a fejlődő hidrogén oxidálódik, míg a másikon keletkező oxigén redukálódik. Grove kihasználta ezt a felfedezést, és megszerkesztette az első tüzelőanyag-cellát.

1889-ben két kutató, Charles Langer és Ludwig Mond sikeres kísérleteket végzett levegő és szén-dioxid üzemű cellákkal. Ezt az eljárását Francis Thomas Bacon (1904-1992) fejlesztette tovább, aki 1932-ben az alkáli elektrolitos üzemanyag cellák elvét dolgozta ki.

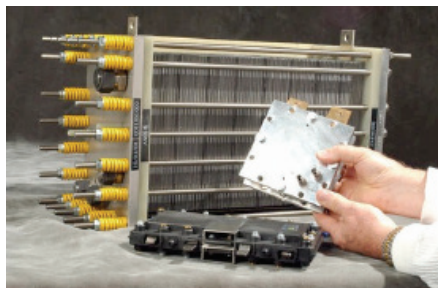
Az 1950-es évek második felében a NASA körül csoportosuló, több száz kutatóintézetben jelentős pénzügyi támogatásokkal megindult a tüzelőanyag cellák továbbfejlesztése. A Gemini programban 1964 és 1966 között végrehajtott űrrepülések során az űrkabin energia ellátását tüzelőanyag cella biztosította. Ezek az üzemanyag cellák tiszta hidrogén és oxigén üzemanyaggal működtek. A végtermékként kapott vizet is hasznosították, ásványi só tablettákkal tették ihatóvá az űrhajósok számára. Az Apolló programban is helyet kapott a tüzelőanyag cella, ahol – a



Kép a Gemini-ről 1964-ből: <http://abyss.uoregon.edu/~js/images/gemini8.jpg> és <http://abyss.uoregon.edu/~js/images/gemini7.jpg>

villamosenergia ellátás mellett – az űrhajósok vízellátására is felhasználták e berendezéseket.

Az 1960-as évektől napjainkig széleskörűen alkalmazzák a tüzelőanyag cellákat elektromos



Courtesy of The National Renewable Energy Laboratory (NREL)

A tüzelőanyag cella felépítése

romos áram előállítására. Fontos megemlítenünk, hogy a piacon elérhető kisméretű, hordozható készülékek (amelyeket főleg a közlekedési ipar hasznosít) mellett hőerőművekben is alkalmazzák a tüzelőanyag cellákat elektromos áram termelésére.

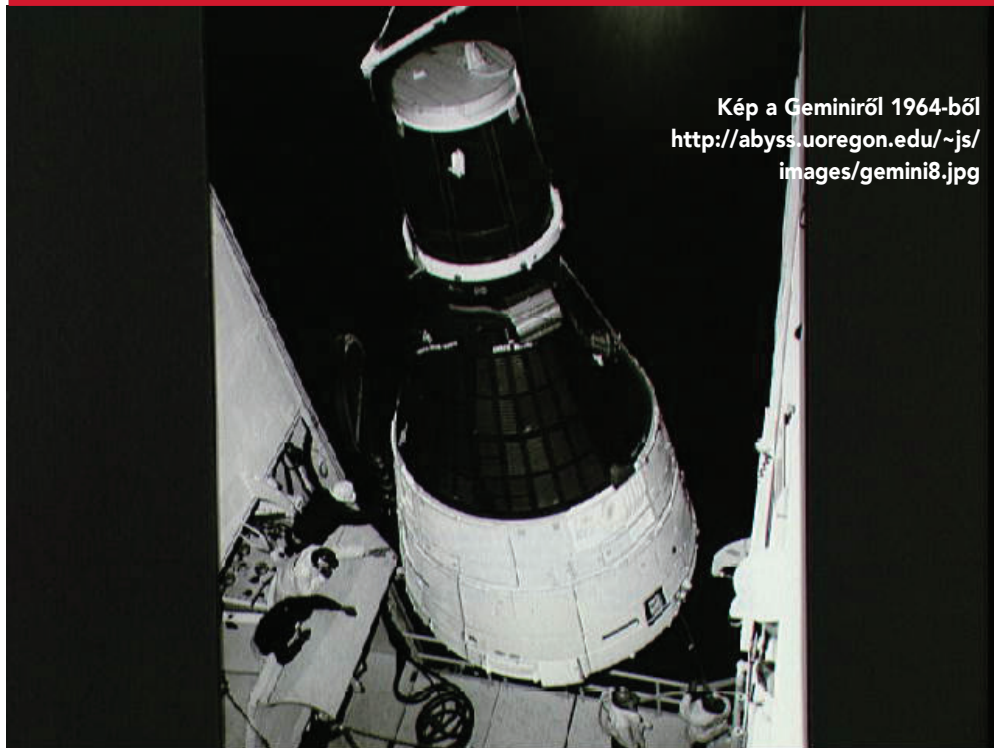
A tüzelőanyag cellák felépítése

A tüzelőanyag cellák a kémiai energiát elektromos energiává alakítják át, ugyanúgy, mint például az elemek vagy az akkumulátorok. A különbség csupán annyi, hogy az elemek lemerülésük után nem használhatóak újra, az akkumulátorok is kimerülnek egy idő

A tüzelőanyag cellák addig üzemeltethetők, amíg az üzemanyag rendelkezésre áll

után, a tüzelőanyag cellák viszont addig üzemeltethetők, amíg van rendelkezésre álló üzemanyag. A különböző típusok közös jellemzője, hogy két elektródból, valamint a köztük lévő elektrolitból állnak. Egyes tüzelőanyagelemek katalizátort is tartalmaznak a jobb hatásfok végett.

Ahhoz, hogy a cellában lejátszódó redoxi reakciókat áramtermelésre tudjuk használni, térben szét kell választanunk az oxidációs és redukciós folyamatokat és a keletkező elektronokat egy külső áramkörön keresztül munkavégzésre kell kényszerítenünk. A cellában lejátszódó áramtermelő folyamat során a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra szakadnak szét. A protonok az elektroliton haladnak keresztül, az elektronok pedig az említett külső áramkörön. A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénnel és így víz jön létre. Tehát az azt jelenti, hogy a folyamat során nem keletke-



Kép a Geminiről 1964-ből
<http://abyss.uoregon.edu/~js/images/gemini8.jpg>

Anódon:



Katódon:



Jelen estben a töltéshordozó részecske a H^+ , amely az anódon keletkezik, ezt követően a katódon egyesül az oxigén molekulával, és víz keletkezik.

Előnye a foszforsav kis illékonysága, ezért ezek a berendezések hosszú élettartalmúak. Hátránya az üzemanyag cella működéséhez szükséges platina katalizátor ára, ezért az előállítási költségek nagyok, továbbá az, hogy a készüléket nagy tisztaságú hidrogénnel kell üzemeltetni, mert a katalizátormérgek tönkre tehetik a berendezést.

Karbonátolvadékok tartalmazó tüzelőanyag elemek

Az 1960-as évek közepén fejlesztették ki ezt a cella típust, melynek technológiája azóta nagy fejlődésen ment keresztül.

Elektrolitként olvadt lítium és nátrium, vagy kálium karbonátot tartalmaznak. Megfelelő működésükhöz az elektrolit olvadt állapotban tartása céljából magas hőmérséklet (kb. 650 °C) szükséges, ennek eredményeképpen az elektrolit a karbonát ionokat vezetni képes. Anódként nikkelt, katódként nikkelt-oxidot szoktak alkalmazni.

A cellában lejátszódó folyamatok:

Anódon:



Katódon:



Előnye az olcsó és könnyen hozzáférhető alapanyagigény, továbbá a magas hatásfok (a hő felhasználásával együtt 80% fölött is lehet). Hátránya az, hogy nem korrózióálló a berendezés.

Protoncserélő membrános tüzelőanyag cellák

Ennél a cella típusnál az elektrolit anyaga egy protonvezető polimer, amelyet az üzemanyag elem vékony polimerfilm formában tartalmaz. Ezeknek a polimereknek az egyik speciális tulajdonsága, hogy vizes formában a

zik környezetszennyező gáz, ami a tüzelőanyag elemek egyik nagy előnye. További előny az, hogy az áramtermelő folyamat hatásfokát elméleti termodinamikai határok nem korlátozzák, szemben a belsőégésű motorokkal, melyek hatásfokát a Carnot-ciklus szabja meg.

Megkülönböztetünk alacsony (50-80°C) és magas hőmérsékleten (600-1000°C) működő üzemanyag cellákat, de csoportosításukat alapvetően az elektrolit anyagától függően szokás elvégezni:

Alkáli elektrolitos tüzelőanyag cellák - Alkaline Fuel Cells (AFS)

Foszforsavas tüzelőanyag cellák - Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)

Olvadt karbonátos tüzelőanyag cellák - Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)

Protoncserélő membrános tüzelőanyag cellák Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)

Direkt metanol membrános cella

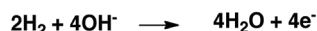
Szilárd oxidos tüzelőanyag cellák - Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

Alkáli elektrolitos tüzelőanyag cellák

Az üzemanyag cellák közül az Alkáli Elektrolitos Cellák tekintenek a legnagyobb múltra vissza, ezért ezeket tekinthetjük az egyik legjobban tanulmányozott típusnak.

Ezen tüzelőanyag elemeket 80°C környékén üzemelik. A cellában lejátszódó reakciók:

Anódon:



Katódon:



Az üzemanyag cellában az áramtermelő folyamat során a hidroxil ion (OH^-) az anódon reakcióba lép a hidrogénnel. Termékként víz keletkezik.

Az Alkáli Elektrolitos Cellák előnyei közé sorolható, hogy alacsony hőmérsékleten nagy hatásfokkal működnek és olcsón előállíthatók. Hátrányuk, hogy csak tiszta oxigénnel és hidrogénnel képesek működni. Bármilyen szennyezés, főleg szén-dioxid és szén-monoxid csökkenti a hatékonyságot, mivel az elektrolit elkarbonátosodását okozza.

Foszforsavas tüzelőanyag cellák

A foszforsavas tüzelőanyag cellákban elektrolitként vízmentes foszforsav található, amely alacsony hőmérsékleten rossz ionos vezető, ezért ezt a tüzelőanyag cellát magas hőmérsékleten (175-200 °C között) üzemeltetik.

A cellában lejátszódó reakciók:

Áramkör

Membrános üzemanyagcella

H₂ üzemanyag

O₂ a levegőből

H₂ használt üzemanyag visszaforgatása

85°C-os víz vagy levegő

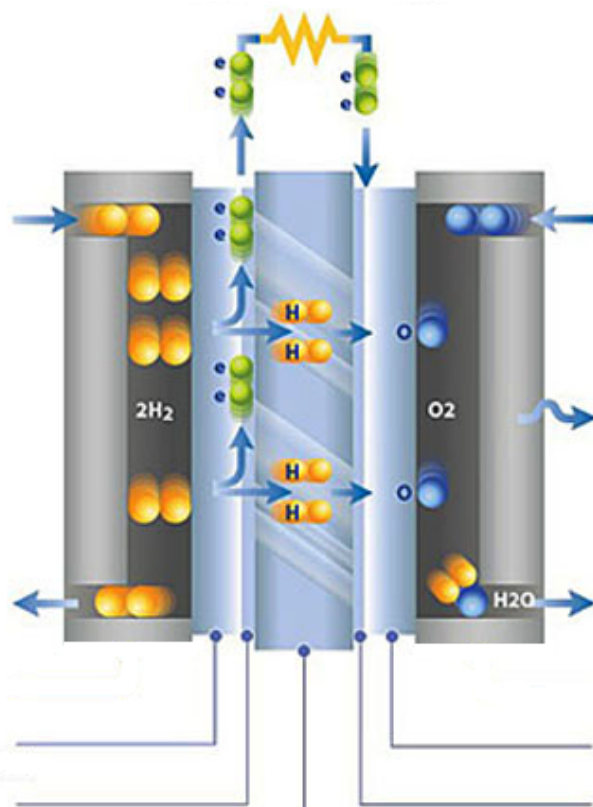
O₂ a levegőből

Anód

Katalizátor

Katód

Katalizátor



Protoncserélő membrán

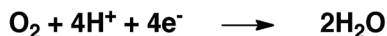
protonokra áteresztőek, elektronokra viszont nem (innen ered a név is: protoncserélő membrán). A protoncserélő membrános cellák működése pont erre a tulajdonságra épül: a membránba érkező hidrogén szétesik protonokra és elektronokra, a protonok végighaladnak a membránon, az elektronok pedig egy külső áramkörön.

A cellában lejátszódó folyamatok:

Anódon:



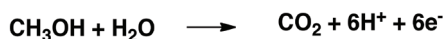
Katódon:



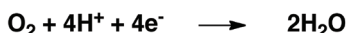
A cellában lévő szilárd elektrolit miatt ez az üzemanyagcella nem érzékeny a környezeti változásokra, így hosszútávon is megbízhatóan üzemel. Hátránya, hogy platina katalizátort tartalmaz (lásd foszforsavas üzemanyag cellák).

A protoncserélő membránt tartalmazó cellák egyik speciális fajtája a direkt metanol membrános cella, a DMFC (lásd: Oláh György válasza korunk kihívásaira című cikkünket a Kémiai Panoráma 1. számában). A DMFC esetében a cellában lejátszódó reakció valamilyen szerves vegyület vizes oldatának a levegő oxigénjével történő oxidációján alapul. Vagyis az anódon eltérő reakció megy végbe, mint a protoncserélő membrános cellák esetében, a katódreakció viszont azonos.

Anódon:



Katódon:



Szilárd oxidos tüzelőanyag cellák

A szilárd oxidos cellákban az elektrolit vékony kerámia rétegek kötegéből áll, a

kerámia anyaga ittriumos cirkónium-dioxid. A cellák magas hőmérsékleten működnek, az eddig ismertetett cellák közül a legmagasabb hőmérsékleten, ez az érték akár 1100°C is lehet. Ez a hőmérséklet ahhoz szükséges, hogy a kerámiaréteg, mint elektrolit képes legyen az oxigén ionok vezetésére. Katódként

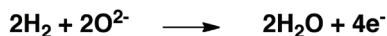


Szilárd oxidos üzemanyagcella

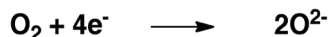


La-Sr-MnO₃ ötvözetet, anódként Ni-Zr₂O₃-ot alkalmaznak. A cellában lejátszódó reakciók:

Anódon:



Katódon:



A fenti két reakcióegyenletről egyértelműen látszik, hogy a töltéshordozó oxigén ionok a katódon keletkeznek az oxigén molekulákból. Ezt követően az anódon a hidrogénnel egyesülnek víz keletkezése közben. Ezt követően a felszabaduló elektronok egy külső áramkörön keresztül áramot termelve jutnak el ismét a katódhoz, és a folyamat kezdődik előlről. Előnye, hogy a magas üzemi hőmérséklet miatt, a hőhasznosítást is beleértve nagy hatásfokkal működnek ezek a cellák, hátránya, hogy a cirkónium-dioxid és az ittrium magas ára miatt drágák az előállítási költségek.

Csökkentés és tárolás

Az öt alapvető tüzelőanyag cella előnyeinek és hátrányainak ismeretében egyértelműen meg lehet fogalmazni azt az utat, amelyen a további fejlesztéseknek el kell indulniuk. Ezek pedig a méret csökkentése, a működési hőmérséklet csökkentése, az előállítási költségek csökkentése, valamint a hidrogén tárolásának megoldása.

Ezen üzemanyag cellákat a közlekedés mellett az ipar számos területén alkalmazzák. Mégis kiemelném jelentőségüket a közlekedés terén: ha fejlesztésük eléri azt a szintet, hogy versenyre kelhessenek a benzin és diesel hajtotta járművekkel, akkor akár környezetvédelmi szempontból, akár teljesítmény szempontjából lekörözhetik versenytársaikat, és remélem, hogy ennek hamarosan eljön az ideje.

Bazsó Fanni Laura

* Felhasznált irodalom:

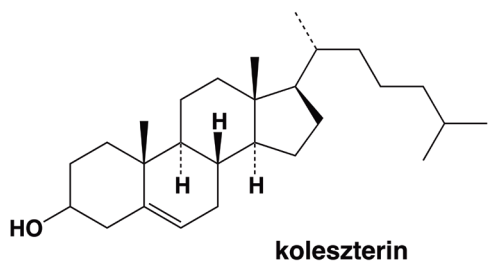
Inzelt György: Az elektrokémia korszerű elmélete és módszerei II. kötet, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., 1999, p.245
Inzelt György, Fizikai Szemle 54, 2004, 252-258
www.fuelcell.hu

**Üzemanyag
cella hajtású
autó**

Változatos hatású

Vajon a hétköznapi élet tapasztalatai alapján mire gondolunk a szteroidok hallatán? Meglehet, egy sportoló dopping botrányára, vagy gyulladáscsökkentő krémekre, esetleg nemi hormonokra és fogamzásgátló tablettákra. Jóval kisebb eséllyel jut eszünkbe a szív- és érrendszeri betegségekkel kapcsolatban emlegetett koleszterin, az emésztés során fontos szerepet játszó epesavak, a víz-, és sóháztartást szabályzó mellékvesekéreg-hormonok, nem is beszélve a növényi eredetű szteroidokról.

A szteroidok természetes eredetű (vagy ezen vegyületeket utánzó mesterséges) vegyületek, amelyek a terpének családjába tartoznak. A terpének az élővilág egyik leggyakoribb vegyületcsaládjá, közéjük tartozik az illó anyagok jelentős része is (lásd. Illatok, terpének c. cikkünket a Kémiai Panoráma 8. számában). A terpének családját kémiai alkotóik aránya (összegképletük) alapján kezdte osztályozni Otto Wallach és megalapította, hogy ezek az anyagok formálisan izoprén egységekből épülnek fel. Az izoprén egy öt szénatomos kettő szén-szén kétszeres kötést tartalmazó vegyület, amely anyagi halmazként egy átható szagú, szintelen folyadékot alkot. Ezt a rendszerezési elvet követve folytatta vizsgálatait a zürichi Műszaki Főiskolán az

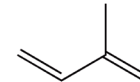
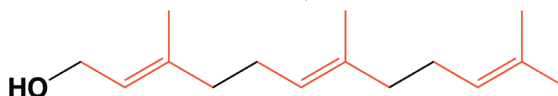


Osztrák-Magyar Monarchia területén született Leopold Ruzicka. Azonban kutatásai túlmutattak az egyszerű kinyerés, szerkezetvizsgálat és osztályozás módszeres munkáján, célja e vegyületek természetes keletkezésének (ún. biogenezisének, bioszintézisének) megismerése és ezen, enzimek hatására lejátszódó átalakulások pontos megértése volt.

Ruzicka tapasztalatait a laboratóriumi munkában alkalmazta és számos természetes vegyületet állított elő mesterségesen, egyúttal magyarázatot adott arra, hogy az alapvetően kis szénatomszámú természetes építőelem család segítségével, hogyan tud a természet hosszú szénláncú terpéneket (mint amilyen pl. a farnezol, számos illóolaj alkotója, vagy a karotin, a sárgarépa színanyaga) előállítani, illetve ezen vegyületeket bonyolult több gyűrűs molekulákba szervezni (amilyenek pl. a szteroidok). Vizsgálatai kiterjedtek számos szteroid szerkezetvizsgálatára, illetve bioszintézisének feltérképezésre.

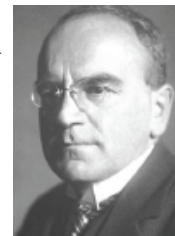
A szteroidok az ún. triterpének családjába tartoznak, azaz olyan vegyületek, amelyekben 6 db izoprén részlet fedezhető fel. Ezek az alkotórészek különleges módon helyezkednek el és alkotják az

Az akadémiai kutatás vezetett el a mindennapi életben fontos szerephez jutó gyógyszerek fejlesztéséhez



Leopold Ruzicka A képek forrása: <http://www.nobelprize.org>

egymáshoz szorosan kapcsolódó 3 db hattagú és 1 db öttagú gyűrűt tartalmazó vegyületcsaládot. Megismerésük első mérföldköve Heinrich O. Wieland 1927-es kémiai Nobel-díja volt, amellyel az epesavak és más szteroidok területén végzett munkásságát ismerték el, bár ekkor e vegyületek pontos szerkezetét még nem ismerték. Ezt a könnyűnek egyáltalán nem nevezhető kérdést igyekezett megválaszolni Adolf Windaus Wielanddal együttműködve a szintén német származású Adolf O. R. Windhaus, akinek negyedszázados erőfeszítéseit ismerték el 1928-ban kémiai



Heinrich Wieland



Adolf Windaus



természetes vegyület család

Nobel-díjjal és őt az utókor a szteroid kémia atyjaként tiszteli. Bár e két nagyszerű kutató számos tudományos megfigyelése napjainkban is megállja a helyét, az általuk sokat vizsgált szteroidok szerkezetével kapcsolatos eredményeik tévesnek bizonyultak. Az alapváz pontos szerkezetének megismeréséig nem is kellett sokáig várakozni, ugyanis 1932-ben írta le az angol John D. Bernal röntgen kristallográfiai eredményeit az ergoszterin szerkezetéről (amely a koleszterin egyik származéka és az élőszervezetben a D2 vitamin előállításának alapanyaga), a teljesség kedvéért azért érdemes megemlíteni, hogy Bernal a váz szerkezetét helyesen határozta meg, de az egyik hidroxil-csoport térálását hibásan adta meg.

Ezeket a fontos szerkezeti eredményeket követően a különböző szteránvázak vegyületek „keresése”, természetes forrásból történő kinyerése és biológiai szerepük megértése foglalkoztatta évtizedeken át a kémiai, biológiával és orvosi tudományokkal foglalkozó kutatókat. Ez a munka egyáltalán nem bizonyult könnyűnek, ugyanis a szteroidok az esetek jelentős részében igen kis mennyiségben fordulnak csak elő a szervezetben (a koleszterin ilyen szempontból egy kivételes anyag). Ezt jól mutatja, hogy 1936-ban a washingtoni egyetem kutatója, Edward A. Doisy 4 tonna friss sertés petefészekből tudott előállítani 25 mg ösztadiolt (egy fontos női nemi hormon), pedig nem ez volt első ilyen kísérletsoro-

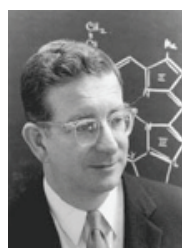
zata. Ugyanis Doisy vezette azt a kutatócsoportot, amelyik 1929-ben az első szteroid nemi hormont, az ösztront izolálta terhes nők vizeletéből. Velük egyidőben,



Edward Doisy



Adolf Butenandt



Robert Woodward

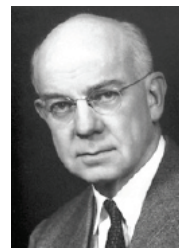
A képek forrása:
<http://www.nobelprize.org>

de egymástól függetlenül izolálta az ösztront az Adolf F. Butenandt vezette német kutatócsoport is. Butenandt 1939-ben kémiai, Doisy 1943-ban orvosi Nobel-díjat kapott. A szteroidok vizsgálata nemcsak biológiai érdekességeket rejt, hanem a kémiai szerkezetmeghatározás fejlődését is magával hozta. Az 1920-as évekig a szerkezeteket kémiai átalakítások segítségével (lebontásokon és előállításon keresztül), mint egy hatalmas keresztrejtvényt igyekeztek megfejteni. Ezt követően kezdtek alkalmazni műszeres szerkezetvizsgáló módszereket, először a röntgen kristallográfiát, majd 1939-ben az akkor izolált progeszteron szerkezetének meghatározására az ultrahely fényvel bevilá-

gított minta színkép-elemzését.

Az izolálásukkal és szerkezetük meghatározásával egyszerre kezdtek el vizsgálni a szteroidok laboratóriumi (illetve később ipari) előállíthatóságának lehetőségeit. Az első sikeres szteroid szintézist Werner E. Bachmann, a michigani egyetem kutatója valósította meg. Munkája során egy viszonylag bonyolult kiindulási anyagból állította elő az equilenint a kancák nemi hormonját. Ezt az irányvonalat folytatta, és a felvázolt problémát a tőle megszokott eleganciával oldotta meg Robert B. Woodward, aki 1951-re fejezte be a kortizon nevű szteroid hormon szintézisét. A kortizon a mellékvesekéreg hormonok egy fontos képviselője, e hormonok családjának szerkezet- és hatásvizsgálatáért kapott Nobel-díjat 1950-ben Edward C. Kendall, Philipp S. Hench és Tadeus Reichstein.

A Woodward-féle kortizon szintézis híre eljutott New Yorkban Margaret Sangerhez, a születésszabályozás és családtervezés veterán harcosához és Gregory Pincus kutató orvoshoz, aki elsősorban a nyulak mesterséges megtermékenyítésének, valamint a progeszteron női nemi ciklusban betöltött szerepének vizsgálatáról volt híres. Sanger elmondta neki, hogy nagy álma egy „varázs pirula”, amely segít megelőzni a nem kívánt terhességet és ezzel a szegényebb társadal-



Edward Kendall



Tadeus Reichstein

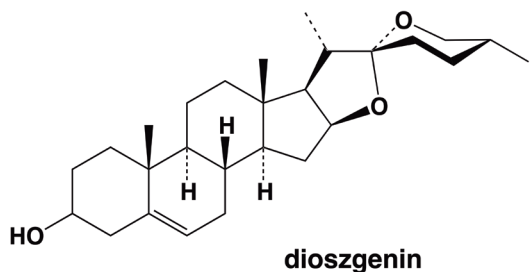


Philip Hench
A képek forrása:
<http://www.nobelprize.org>





Margaret Sanger, forrás: <http://smileyandwest.ning.com/>



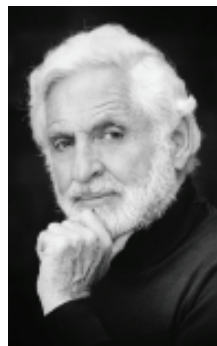
mi rétegek asszonyai tervezni tudnák, hogy mikor vállalnak gyermeket és mikor nem. Pincus azt válaszolta, hogy az általa vizsgált szteroid hormonok segítségével ez megvalósítható. Ettől kezdve további kutatásait ezen a téren Sanger alapítványa támogatta. A tényleges megvalósításhoz olcsón hozzáférhető szteroid hormonokra, illetve származékaikra volt szükség. Ez egy elég komoly kihívást jelentett, ha belegondolunk abba, hogy a Schering cég kutatói 1934-ben 625 kg sertés méhből állítottak elő 20 mg progeszteront, amihez közel 25000 kocára volt szükségük. A természetes forrásból származó hormonok kinyerése és tisztítása számos bonyolult műveletet igényelt, amelyek nem voltak túl hatékonyak. Áttörést jelentett Russel E. Marker felismerése, amely szerint egy növényi szteroidból a dioszgeninből elő lehet állítani nemi hormonokat. A dioszgenint a Mexikóban nagy mennyiségben termő jamszgyökér (*Dioscorea mexicana*) gumójából lehet kivonni. Marker az eljárását az amerikai Park-Davis gyógyszergyárral kívánta megvalósítani, de nem sikerült meggyőzni a vállalatot, hogy külföldi szabadalmakat is használjanak, ezért Marker elhagyta az Egyesült Államokat és Mexikóban alapította meg a Syntex vállalatot Emerik Somlo (magyar származású) és Federico Lehmann (német származású) üzlettársakkal.

1944-es alapításától kezdve a Syntex volt a világ egyik legnagyobb szteroidkémiai kutató és termelő üzege, amelyben számos

szteránvázas hormont és vegyületet állítottak elő nagy mennyiségben természetes szteroidok átalakításával. Kitüntetett céljuk volt gyógyszerhatóanyagok előállítás. A Syntex egyik kutatója az osztrák származású Carl Djerassi volt, aki kidolgozta a dioszgeninből történő kortizon szintézist, majd később a csoportja alkotta meg noretiszteront, az első nagy mennyiségben előállítható, hatékony progeszteron analógot. Ez a felfedezés tette lehetővé a szteroid tartalmú fogamzásgátló tabletták kifejlesztését, amelynek első képviselőjét az Enovidot 1961-ben engedélyezte az USA gyógyszerügyi hivatala. A mai fogamzásgátló tabletták már jóval kisebb mennyiségű hormont tartalmaznak, mint elődjeik, de alapvetően hatóanyagaikat és működésük alapjait az 1940-es 1950-es években fektették le. Természetesen a szteroidok számos más gyógyászati területen is fontos szerepet kaptak és alkalmazzák őket többek között gyulladáscsökkentőként, asztma kezelésére szolgáló készítményekben, szív és érrendszeri betegségek kezelésében.

A szteroid kémia története alapvetően azt mutatja meg nekünk, hogy egy adatok és molekulák „gyűjtésén” és rendszerezésén alapuló akadémiai kutatás, hogyan vezetett el a mindennapi életben fontos szerephez jutó gyógyszerek fejlesztéséhez. Milyen nagy hatást gyakorolhat egy vegyületcsalád a kémia és biológia kutatási módszereinek fejlődésére, továbbá a társadalmi igények, hogyan sarkalhatják a kutatókat minél hatékonyabb eljárások kidolgozására. A terület fejlődésének tudományos elismertségét pedig számos díj köztük a legnagyobb hatású Nobel-díj is bizonyította.

Varga Szilárd
MTA Természettudományi
Kutatóközpont



Carl Djerassi, a fogamzásgátló tabletták atyja, forrás: <http://www.opusvida.com>



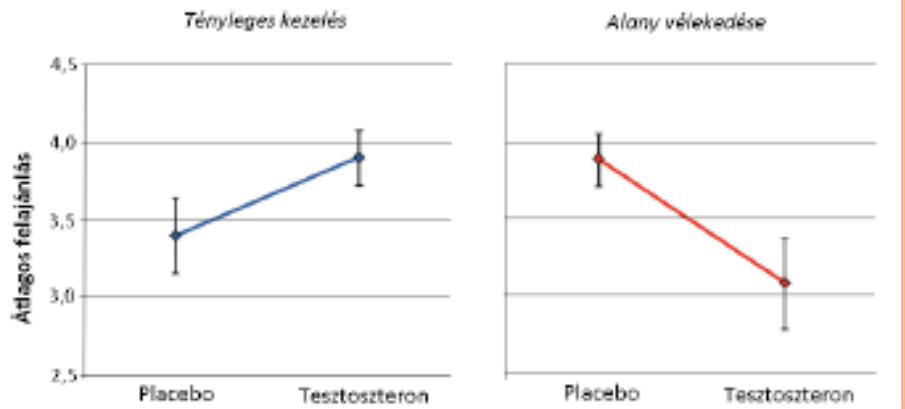
jamszgyökér
(*Dioscorea mexicana*)





NEMI HORMON SZTEROIDOK PSZICHOLÓGIAI HATÁSAI

Közismert, sőt már-már közhelynek számít, hogy a tesztoszteron a férfiasság hormonja, így domináns és agresszív viselkedéssel társul. Kimutatható azonban, hogy ez a közhiedelem erősebben hat vizsgálati személyek viselkedésére, mint maga a tesztoszteron. Eisenegger és mtsai. (2010) mindezt egy úgy nevezett „ultimátum játék” nevű paradigma segítségével vizsgálták. A teszt során az alanyokat párba állították, és a pár egyik tagja (A személy) kapott egy bizonyos pénzüsszeget, amelyről szabadon dönthetett, hogy mekkora részét ajánlja fel a pár másik felének (B személynek). B személy ekkor dönthetett, hogy a felajánlott pénzt elfogadja (ez esetben a pár mindkét tagja megkapta a pénzt), vagy elutasítja (amely esetben a pár egyik tagja sem kap semmit). Ebben a játékban A személy részéről fair ajánlatnak számít ha az összeg felét, de legalábbis annál nem sokkal kevesebbet ajánl fel a párjának. A tesztet megelőzően A személynek egy kis adag tesztoszteront vagy pedig hatóanyag-mentes placebót adtak. Érdekes módon – a közhiedelemmel ellentétben – azt tapasztalták, hogy azok a játékosok, akik tesztoszteront kaptak hajlamosabbak voltak fair ajánlatot adni. Kimutatható volt azonban, hogy azok a személyek, akik azt hitték, hogy tesztoszteront kaptak, kevésbé voltak hajlamosak



fair ajánlatot tenni, mint akik azt hitték, hogy placebót kaptak. Ezen eredmények jól mutatják egyrészt, hogy a tesztoszteron és a dominancia-agresszió közötti összefüggés meglehetősen komplex, továbbá hogy a közhiedelem jelentősen képes befolyásolni az emberek viselkedését.

Egy másik vizsgálatban Kovacs és mtsai (2004) emberi arcokat mutattak az alanyoknak, amelyekről el kellett dönteniük, hogy azok férfit vagy nőt ábrázolnak. A bemutatott arcok között azonban nem csak férfi és női arcok szerepeltek, hanem olyan mesterségesen előállított képek, amelyek két különböző nemű arc valamilyen arányú keveréként jöttek létre. Miközben az alanyok az arcokat nézegettek a teszthelység levegőjébe vízpárát vagy

androgént vagy ösztrogént jutattak be. Amikor androgén volt a levegőben, akkor a kevésbé férfias arcokat (amelyek kisebb százalékban hordozták a férfi arc vonásait) is férfinak ítélték az alanyok, ahhoz képest, amikor vízpára volt a levegőben. Ezzel szemben ösztrogén hatására csak a jóval férfiasabb arcokat (amelyen nagyobb százalékban tartalmazták a férfi arcot) ítélték férfinak. Mindez azt mutatja, hogy a nemi hormonok jelenléte alapvetően befolyásolja az olyan szociális ingerek megítélését, mint amilyenek az arcok.



További olvasnivalók:

- K. C. Nicolaou, T. Montagnon: *Molecules that Changed the World*, Wiley-VCH, 2008, Weinheim
- E. J. Corey, B. Czako, L. Kürti: *Molecules and Medicine*, John Wiley & Sons Inc., 2007, Hoboken, New Jersey
- Bruckner Győző: *Szerves kémia II-2.*, Tankönyvkiadó, 1981, Budapest
- Albert Eschenmoser, Duilio Arigoni *Helvetica Chimica Acta* 2005, 88, 3011. wikipedia.org

Felhasznált irodalom::

1. Eisenegger, C., Naef, M., Snozzi, R., Heinrichs, M., Fehr, E. *Nature* 2010, 463, 356.
2. Kovacs, G., Savic, I., Perrett, D. I., Cornwell, R. E., Little, A. C., Jones, B. C., Burt, D. M., Gal, V., Vidnyánszki, Z. *NeuroReport* 2004, 15, 7.

Női

50/50

Férfi



ISTENNEK eledele

Bár legtöbbünknek a csokoládé szó hallatán egy édes, barna formába öntött kocka jut eszébe, hosszú út vezetett odáig, amíg a világ egyik legnépszerűbb édessége elérte napjainkban megszokott ízét és formáját.

Az emberiség évezredek óta ismeri és termesztja a csokoládé alapanyagát szolgáltató kakaófát (*Theobroma cacao*). Régészeti kutatások Közép-Amerikában több ezer éves (i.e. 900-1900) cserépedény maradványokat találtak, benne kakaó feldolgozásra utaló nyomokkal. Az ősi maja kultúrában a kakaó a mezőgazdaság és a vallás fontos eleme volt. A kakaóbabból készült keserű italt isteni eledelnek tartották, sőt, a maja teremtés történetében több alkalommal találunk rá utalást. Később a középkorban a kakaóbab fizetőeszközként (is) szolgált. Értékét jól jelzi egy, a nagy földrajzi felfedezések korából származó legenda: a spanyol hódítók hajójáról az ajándékba kapott bab vízbeesése láttán a bennszülöttek menteni kezdték a drága szemeket. Ezt látva a spanyolok - a gyors meggazdagodás reményében - egyre több helyen kezdtek kakaót termesztetni. Hernando Cortes hajóskapitány - aki jelentős szerepet játszott Mexikó és Kuba felfedezésében - jó üzleti érzékkel, mágikus,

gyógyhatású ételként tálalta a spanyol udvarban a varázslatos, Újvilágból érkezett kakaót. Ennek hatására a kakaóra hatalmas lett a kereslet, annak ellenére, hogy az eredeti azték recept nem túl ízletes. Eszerint a babszemeket először napon meg kell szárí-

*A temperáláson
múlik a csokolá-
dé végső állaga,
selymessége*

tani, majd nyílt tűzön pörkölni, ezt követően összetörni, és fűszerekkel, gyógynövényekkel, piros paprikával ízesíteni. Az így kapott pépet vízben oldva egy émelyítő, csípős, zsíros folyadékot kapunk, aminek elfogyasztása sok embernek problémát okozott. Emiatt a kakaóitalt az akkoriban rendkívül drága, import cukorral



Kakaófa (*Theobroma cacao*), forrás: http://en.wikipedia.org/wiki/Theobroma_cacao



ízesítették. Az így nyert ízletes nedű titkát a spanyolok közel 100 évig féltve őrizték, míg nem 1615-ben III. Fülöp spanyol király lánya, Anna frigyre lépett XIII. Lajos francia királlyal. Ezzel a csoki megkezdte hódító útját egész Európában.

A kakaó alapanyagául szolgáló kakaóbabot az Egeenlítő környékén őshonos kakaófa gyümölcséből nyerik. A fiatal kakaófák növekedéséhez elengedhetetlen a trópusi klíma, ennek ellenére a náluk magasabb fák (pálma, banán) napfénytől és szélétől védő hatása nélkül nem érnék meg a termőképes kort (6 év). A kakaófa termése változatos színekben fordul elő, hossza körülbelül 30 cm, súlya 400-500 g, belsejében 20-60 mag található. A kakaóbab termésén található ívek, árkok inspirálták az 1910-es években a Coca-Cola üveg jellegzetes formáját. Ideális körülmények között egy kakaófa évente körülbelül 1 kg ecetsokihoz elegendő nyersanyagot szolgáltat. Annak ellenére, hogy a kakaó eredeti környezete az amerikai kontinens, napjainkban a világtermelés kétharmadát Afrikában termesztik (Elefántcsontpart, Ghána, Nigéria, Kamerun). A világon évente közel hárommillió tonna kakaót állítanak elő.



A kakaófa héjától megtisztított gyümölcsét szabad ég alatt banánfa levelébe csomagolva erjesztik, forrás: <http://ruralsociologywageningen.wordpress.com/2012/02/03/traditional-foods-at-ip-in-romania-2/>

A gyümölcshús nagy cukortartalmának köszönhetően kiváló táptalajt biztosít a mikroorganizmusoknak. A legegyszerűbb fermentációs eljárás során a kupacba rakott terméseket letakarják a kakaófa ültetvényeken bőségesen előforduló banánfa levelével, és ezzel kezdetét veszi a csokoládé kellemes ízt adó prekurzorok előállítására. A fermentáció két lépésben és két helyszínen történik. Az első, anaerob (oxigéntől elzárt) fázisban a gyümölcshúsban található cukrokból etanol, tejsav, és széndioxid képződik élesztő és tejsavbaktériumok közreműködésével. A második, aerob szakasz 2-8 nap elteltével veszi kezdetét. Ekkorra a gyümölcshús kiszárad, és a levegő át tudja járni a halmokat, ami ideális körülményeket biztosít az ecetsavbaktériumok (acetobacter) szaporodásához. A baktériumok erősen exoterm reakció során az alkoholt ecetsavvá oxidálják. A megnövekedett hőmérséklet (kb. 50°C), valamint az ecetsav és etanol beáramlása a héjon át a termésbe a kakaóbabok belső sejtstruktúráját szétroncsolja, melynek hatására a babszemek elveszítik csírázó képességüket. A belső szerkezet megszűnése miatt a sejtekben található összetevők (32-39% víz, 30-32% zsír, 8-10% fehérje, 5-6% polifenol, 4-6% keményítő, 4-6% cellulóz, 2-3% szacharóz, 1-2% teobromin, 1% savak, 1% koffein) összekeverednek, és kémiai reakcióba lépnek egymással. Ennek során a fehérjék enzimatisz lebontásával

polipeptidek, aminosavak keletkeznek, a szacharóz hasításával glükóz és fruktóz szabadul fel, az antocián pedig antocianidinre és cukorra (galaktóz, arabinóz) bomlik. A keserű íz mérséklődéséért két folyamat felelős: egyrészt a polifenolok egy része oxidálódik, és nagy molekulatömegű, oldhatatlan molekulákká, csersavakká szerveződik, másrészt a polifenolok és a teobromin/koffein egy része kidiffundál a kakaóbabból.

A csokoládé egyik összetevője, a teobromin az alkaloidák családjába tartozó vegyület, melynek szerkezete hasonlít a koffeinéhoz, de hatása a központi idegrendszerre kisebb. Simaizom lazító hatása révén felmerül a lehetősége vérnyomáscsökkentőként, valamint asztmás tünetek enyhítéséért történő alkal-

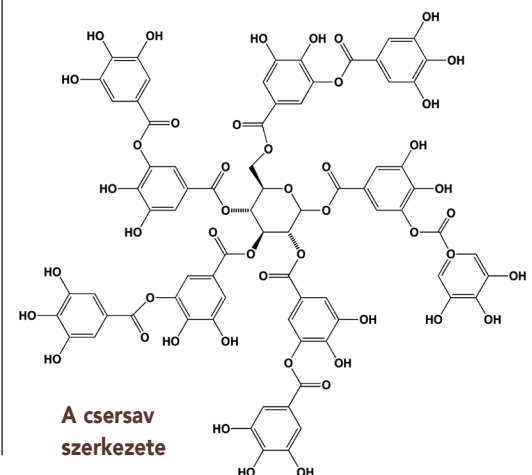


A kakaófa termése

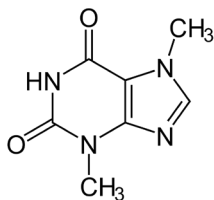
forrás: <http://www.viveroanones.com/>

Keserűtől az édesig

Mint megannyi élelmiszernél (sör, bor, sajt, kávé stb.), a csokoládé esetében is fontos szerep jut a késztermék előállításánál során a baktériumoknak, élesztőknek. A csokoládé kellemes ízt adó molekulák a biokémiai erjesztés (fermentálás), majd a pörkölés során keletkeznek. A fermentáció alatt formálódó vegyületek (prekurzorok) a pörkölés folyamán nyerik el végleges formájukat, így alakul ki a csokoládé kellemes aromája.



mazásának. Érdeemes tudni, hogy a kutyák nagyon lassan tudják lebontani a teobromint, így akár néhány 100g csokoládé is halálos lehet számukra. (A macskák kevésbé veszélyeztetettek, mert az édes ízt nem érzékelik.) Bizonyos tanulmányok szerint a teobromin fiziológiás hatása az egyik oka a sokki nagy népszerűségének.



A teobromin szerkezete

Babtól a tábláig

A fermentálást követő szárítás során a kakaóbab víztartalma jelentősen csökken. Amíg elég nedvesség van a rendszerben, az ízformáló reakciók folytatódnak. A polifenolok további oxidációjaként a keserű íz folyamatosan csökken, és a csokoládébabok színe mélyül.

A legjobb minőséget a napon szárított termékek esetén kapjuk, de létezik gyorsabb, gépi módszer is. Ennek hátránya a magasabb savtartalmú csokoládé. Ezzel szemben a napon történő szárítás során az illékony ecetsav mellett a kevésbé illékony tejsav koncent-

Szárított kakaóbab, forrás http://www.chocolatereview.com.au/chocolate_manufacturing



ráció is mérséklődik. A kakaóbab pár napi szárítás után szállítható a feldolgozás helyére, ahol a hántolást követően megtörténik a pörkölés. Ennek célja az intenzív csokoládé íz előhozása. A folyamatot érzékszervi vizsgálatokkal követik, a pontos pörkölési idő nem pusztán a bab fajtájától, de a relatív nedveségtartalmától is függ.

A pörkölt kakaó fontosabb aromaanyagai: 4-hidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furanon (karamella íz), 2- és 3-metilbutánsav (édes, savas íz), dimetil triszulfid, etil-3,5-dimetilpirazin, fenilacetaldehid (mézjellegű íz). Az aromagyártás alapvető reakciója az aminosavak és redukáló cukrok között lejátszódó Maillard reakció (lásd Korszerű élelmiszer-feldolgozás című cikkünket a Kémiai Panoráma 7. számában). Az aromaanyagokat 3 csoportra bonthatjuk:

- 1.** cukrokból keletkezett vegyületek: furánok, piránok, ciklopentánok, karbonilvegyületek, savak;
- 2.** aminosavakból keletkezett vegyületek: aldehidek, kénvegyületek, aminok, ammónia;
- 3.** piridinek, pirazinok, imidazolok, oxazolok, tiazolok, furántiolok, pirrolok.

A pörkölést követően a kakaóbabot először egy durvább, majd egy finom kakaómasszává őrlik. A folyamat során keletkező súrlódási hő megolvastja a kakaóvaját,

melynek hatására folyékony kakaómasszát (szuszpenziót) nyernek. A viszkozitás csökkentése érdekében a masszát nagy nyomáson és magas hőmérsékleten átpréselik egy finom szűrőn, amin az olvadt kakaóvaj átjut, a kakaópor azonban visszamarad. A rendkívül jó minőségű holland kakaó titka, hogy a préselés előtt lúgokkal (K_2CO_3 , $KHCO_3$) feltárlják a kakaómasszát. A lúgos pH (8,5-9) könnyebbé teszi a préselést, emellett a kakaópor színét, oldhatóságát (maximális részecskeméret: 75 mikron), és ízt egyaránt javítja.

A táblacsokoládé gyártás során a kakaóvaját és a kakaóport ismét összekeverik és megőrlik; a legjobb minőségű csokoládék esetén akár 72 órán át. Ezalatt a termelőző hő a masszát folyékony halmazállapotban tartja. A folyamat végére a kakaó- és cukorszemcsék oly mértékben felaprózódnak, hogy méretük immáron kisebb lesz, mint a nyelvünk felbontóképessége, emiatt simának, kellemesnek érezzük őket. Az utolsó lépés a temperálás, ezen múlik a csokoládé végső állaga, selymesége. A kakaóban található zsíroknak hat kristálymódosulata van. Megfelelő hőmérséklet-profilal elérhető, hogy főként a legjobb tulajdonságokkal bíró, ún. V-ös módosulat legyen jelen. Első lépésben a csokoládét kb. $45^\circ C$ -ra melegítik, ezen a hőmérsékleten mindegyik kristályforma olvadt formában van a rendszerben. Ezt követően az anyagot $27^\circ C$ -ra hűtik, ilyen körülmények között csak a IV-es és V-ös módosulat képződik. A további kristályosodás során ezek a kristályok szolgálnak kristálygöcként. Végül az utolsó lépésben $31^\circ C$ -ra állítják be a hőmérsékletet annak érdekében, hogy a IV-es kristályformát eltávolítsák.

A csokoládé olvadási tulajdonságait annak sztearátartalma befolyásolja. A kakaóvaj összetevőinek arányaiból adódóan (35% sztearát, 27% palmitát, 37% oleát) a csokoládé szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú, ám a szájban selymesen szétolvad. Az ilyenkor érzett ízért sok száz vegyület felelős, ezek pontos szerkezete napjainkban sincs felderítve. Talán ez az oka, hogy ezidáig nem sikerült természetes aromákkal pótolni a természet és a véletlen összjátékából született ízvilágot.

Horváth Gergő
MTA Természettudományi
Kutatóközpont



A fokhagyma



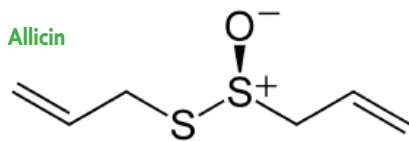
A fokhagyma (*Allium sativum*) a liliumfélék családjába tartozó gumós, élő fűszernövény. A gumók 4-20 gerezdet tartalmazhatnak. Közép-Ázsiából származik, de ma már az egész világon termesztik. A fokhagyma készítmények nyersanyaga friss, szárított, öregített fokhagyma vagy fokhagyma pép. A jól ismert ételízesítőt évezredek óta használják különböző betegségek megelőzésére és gyógyítására a népi gyógyászatban. Az ókori világ is kedvelte. Egyiptomban használták a piramisok építésének idejében az állóképesség növelése céljából. A görög katonák a csaták, a sportolók versenyek előtt fogyasztottak fokhagymát. A XVIII. századi Franciaországban a sírások abban a hitben éltek, hogy megvédi őket a pestistől. Használták a penicillin felfedezéséig, majd annak hiányában később a sebesüléseket követő üszkösödések megakadályozására is.

A fokhagymát vagy kivonatát ma is javallják magas vérnyomás csökkentésére, szív koszorúér betegségek, érszűkület (atherosclerosis) és prosztatata megnagyobbodás kezelésére az alternatív gyógyászatban. Számos más esetben bakteriális, vagy gombás fertőzések megelőzésére és gyógyítására. Még rákos megbetegedések (tüdő-, gyomor- és prosztatata rák) kezelésére is olvasható ajánlás az alternatív gyógyászat irodalmában. Használják még magas láz kezelésére, köhögés esetében, asztma és reumás fájdalmak csillapítására is. A fentiek közül azonban nem minden alkalmazás nyert tudományos igazolást. Bár humán rákos megbetegedések esetében a fokhagyma hatása még ma is vitatott, az izraeli Weizmann Intézet kutatói a fokhagymában lévő anyaggal pusztítottak el rosszindulatú daganatokat egerekben.

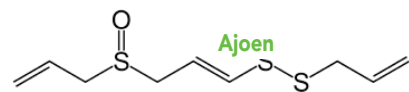
Az Egyesült Államok Természetes Gyógymódok Adatbázisa a gyógynövények hatékonyságát „bizonyosan hatékony”, vagy „valószínűen hatékony” és „bizonyosan hatástalan”, vagy „valószínűen hatástalan” osztályokba sorolja; a fokhagyma tudományos evidenciák alapján több alkalmazás esetében is a valószínűen hatékony besoro-

lást kapta. Az adatbázis szerint a fokhagyma valószínűen hatékony a magas vérnyomás kezelésére: a kísérletek szerint 7-8 %-kal is csökkenti a magas vérnyomást és javítja az erek rugalmasságát.

A feldarabolt, összezúzott fokhagyma aktív hatóanyaga, amelynek mind hatását, mind erős, kellemetlen illatát köszönheti, az allicin. Az allicin szerves kénvegyület ($C_6H_{10}OS_2$), színtelen kellemetlen szagú folyadék. Ismertén baktérium- és gombaellenes hatású.



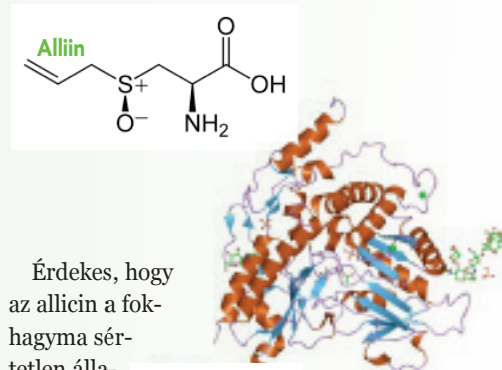
A fokhagyma csökkenti a bőr gombás fertőzésének kialakulását is. Feltételezik, hogy ez utóbbi hatás nem az allicinnak, hanem elsősorban a fokhagyma egy másik hatóanyagának, az ajoen-nek köszönhető. Az adatbázis szerint az 1% ajoent tartalmazó fokhagyma-gél hatékonysága hasonló célú gombaellenes gyógyszerkészítmények hatékonyságával vetekedik.



A fokhagyma a cukorbetegség kezelésére valószínűleg hatástalan, a magas koleszterin és trigliceridek csökkentésére ellentmondásos. A mellrák és a tüdőrák kezelésére vagy megelőzésére az adatok szerint hatástalannak tűnik. Több klinikai kísérlet szükséges ezekben az esetekben a hatékonyság bizonyítására.

Az allicin könnyen bomló vegyület. Számos esetben az illat csökkentésére szárítják a fokhagymát, azonban az eljárás csökkenti a készítmény allicin tartalmát. Megjegyzendő, hogy sok a kereskedelemben kapható szárított termék alig tartalmaz allicint.

A fokhagyma gazdag vitaminokban, ásványi anyagokban és antioxidánsokban. Az utóbbiak semlegesítik, a sejtmembránt és a DNS-t megtámadó szabad gyököket. Az allicin számos esetben természetes antibiotikumként hat. A friss fokhagyma elpusztítja az *E. coli*, a *Staphylococcus* és *Salmonella* baktériumokat. Ezek a baktériumok mind allicinra érzékenyek.



Érdekes, hogy az allicin a fokhagyma sértetlen állapotában

Allináz enzim

nincs jelen, amit az is jelez, hogy a gerezdekre szétszedett, de nem aprított fokhagyma nem illatos. Eredetileg a fokhagymában a szagtalan alliin ($C_6H_{11}NO_3S$) és egy enzim, az ún. allináz található. A gerezd sérülésekor - akár aprítás, pépesítés, vagy főzés miatt - a két anyagot elválasztó membránok felszakadnak, az enzim reakcióba lép az alliinval, aminek hatására kezdődik a jellemző szagú, és illékony allicin. Az allicin bomlásakor egyéb illó kénvegyületek is felszabadulnak, mint például a diallil szulfidok és ajoen. A fokhagymában jelen vannak más kéntartalmú vegyületek, továbbá flavonoidok és peptidok, ásványi anyagok és nyomelemek, kalcium, vas, foszfor és szelén.

Kőszegi Lídia

A KÉMIAI PANORÁMA

VEGYÉSZ ALAPÍTVÁNY

Középiskolai diák vagy? Érdekel a kémia? Gondoltál már arra, hogyan hasznosíthatod további tanulmányaidban, munkád során? Ha igen, Neked szól a következő pályázati felhívás:

A Vegyész Alapítvány pályázatot hirdet középiskolai tanulók számára a kémia, mint tudomány és a vegyipar, mint gazdasági és társadalmi tényező elfogadottságának témakörében.

A pályázat célja egy olyan, maximum 15 A/4 oldal terjedelmű dolgozat készítése, „A KÉMIA ÉS A VEGYIPAR SZEREPE A MA ÉS A JÖVŐ TÁRSADALMÁNAK ALAKÍTÁSÁBAN” címmel, amely bemutatja a kémia, a vegyipar szerepét, jelentőségét a modern társadalom, életforma kialakulásá-



PÁLYÁZAT KÖZÉPISKOLÁSOKNAK

ban, és várható, vagy elképzelhető szerepét a jövő társadalmi viszonyainak, életformájának további alakításában, az ebben rejlő lehetőségek, kihívások és veszélyek bemutatásával.

A pályázaton részt vehet minden középiskolai tanuló, függetlenül az iskola típusától, beleértve a határon túl élő diákokat is.

A pályázatot a következő címre kell beküldeni:

elektronikusan: kozpont@mavesz.hu
és/vagy levélben: MAVESZ 1036
Budapest, Bécsi út 85.

A pályázaton fel kell tüntetni a pályázó nevét, lakcímét, a középiskola nevét és címét és azt, hogy a beküldő melyik osztályba jár.

Az e-mail tárgyában vagy a borítékon fel kell tüntetni: „PÁLYÁZAT”.

A pályázat díjazása:

1. díj: Samsung Galaxy 10.1 TAB
2. díj: Acer Aspire ONE netbook
3. díj: DPS E750 e-book olvasó

A pályázat beküldésének határideje: 2012. november 10.

A pályázatokat a Vegyész Alapítvány Kuratóriuma értékeli, és a nyerteseket 2012. december 11-ig írásban értesíti. A díjak átadására ezt követően december hó folyamán kerül sor ünnepélyes keretek között.

A pályázattal kapcsolatosan felvilágosítás ad:

Szikszay Gábor
e-mail: szikszay@mavesz.hu
telefon: 06 20 293 7460

PEDAGÓGUS KUTATÓI PÁLYADÍJ 2012

A Magyar Tudományos Akadémia főtitkára pályázatot hirdet a Pedagógus Kutatói Pályadíjra, középiskolában (gimnáziumban, szakközépiskolában) legalább öt éve – egymást követő, de nem feltétlenül folyamatos – foglalkoztatásra irányuló jogviszonyban oktató pedagógusok érdemes tudományos munkásságának elismerésére. Az öt éves oktatói munkakörben töltött időszakkal a pályázat benyújtásának időpontjában kell rendelkezni.

Pályázni lehet olyan tudományos munkával (monográfiával, nagyobb terjedelmű tanulmánnyal, kísérleti eljárási eredménnyel, forráskiadvánnyal stb.), amelynek hozama tényleges előrelépést jelent az adott kérdéskör alaposabb tudományos feltárása terén. A pályázatokhoz mellékelni kell a pályázó szakmai önéletrajzát, valamint a középiskola iga-



zolását a tanári pályán eltöltött évekről.

A pályamunkákat a Magyar Tudományos Akadémia főtitkára részére az MTA Titkársága Kutatóintézeti Főosztály címére kell benyújtani (1245 Budapest,

Pf. 1000). A pályamunkákat egy példányban nyomtatott formában (ha a munka jellege megköveteli, elektronikus adathordozón) kérjük benyújtani.

A pályamunka beérkezési határideje 2012. szeptember 20.

A korábbi években Pedagógus Kutatói Pályadíjat elnyert díj birtokosa, a Pályadíj elnyerését követő öt év eltelte utáni évben pályázhat ismét. A benyújtott pályaművet a tudományterületileg illetékes akadémiai kutatóintézet bírálja el, majd az Akadémiai Kutatóintézetek Tanácsának szakbizottsági rangsorolják. A bírálók és szakbi-

zottságok értékelő véleményére támaszkodva az Akadémiai Kutatóintézetek Tanácsa kialakítja a díjazásra vonatkozó javaslatát, amely alapján az MTA elnöke dönt a díjazottak személyéről. Évente legfeljebb 12 pályadíj kerül kiosztásra. A pályadíj összege egyénenként bruttó százötvenezer forint. A pályázat eredményéről a pályázók névre szóló értesítést kapnak. Az oklevelek ünnepélyes átadására 2012. december közepén kerül sor, amelyről az MTA honlapján és a sajtó útján tájékoztatja a nyilvánosságot.

(forrás: www.mta.hu)

KETTŐS KÖTÉS

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



közösségi oldala



FOLYTATÓDNAK A KÉMIAI KÍSÉRLETEK A KÖZLEKEDÉSI MÚZEUMBAN



Szeptembertől folytatódik a kémiai kísérleteket bemutató ingyenes program a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeumban (MMKM); a programra iskolai osztályok jelentkezhetnek.

A Kids' Lab, azaz Kölyöklabor elnevezésű program folytatását Krámlí Mihály, az MMKM főigazgatója és Lányi Krisztián, a BASF Hungária Kft. gazdasági vezetője jelentette be hétfőn a Kölyöklabor első tanévének évzáró ünnepségén - közölte az intézmény hétfőn az MTI-vel. A program Magyarországon 2011. októberében indult el a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeumban, az első hazai tanévben 2500 kisdíák tett látogatást a laborban.

Az iskolák 1-6. osztályos csoportjai a 2012. őszi foglalkozásokra 2012. augusztus végétől jelentkezhetnek. Alkalmanként egy kísérlet elvégzésére van lehetősége a bejelentkező osztályoknak, a foglalkozások időtartama 45 perc. A részvétel a Kids' Lab-foglalkozásokon a múzeumi látogatással együtt ingyenes.

A Kölyöklabor a legfiatalabb, kémiát még nem tanuló iskolások számára teszi emlékeztetéssé az első találkozást a laboratóriummal. A gyerekek kémikusként dolgozhatnak, így a foglalkozás játékosan kelti fel az érdeklődésüket a kémia iránt és bemutatja, hogy mennyi mindenben járul hozzá a tudományág mindennapi életünkhöz. A Kids' Lab a vegyipari cég nemzetközi ismeretterjesztő programja. Az első kölyöklabort 1997-ben nyitották meg a vállalat németországi központjában, Ludwigshafenben. Jelenleg a világ 32 országában évente mintegy ötvenötezer kiskisolas vehet részt a foglalkozásokon.

(forrás: MTI szabadon felhasználható tartalmak)

KUTATÓK ÉJSZAKÁJA 2012.

Szeptember negyedik péntek éjszakája idén is a szenvedélyesen kíváncsiaké!

Végre újra kinyílnak a laborajtók, a kutatók ismét kibújnak fehér köpenyükből, és hétköznapi nyelven mutatják be a tudományt.

Szeptember 28-án, a Kutatók Éjszakáján kicsik és nagyok személyesen találkozhatnak a kutatókkal, kipróbálhatják eszközeiket, találmányaikat, megismerhetik a munkájukat előadások, vetélkedők, kiállítások és tudományos-szórakoztató programok keretében.

A kutatók a tudomány csodái mögött álló hétköznapi emberek - ezt hivatott népszerűsíteni immár hetedik alkalommal, szeptember 28-án a Kutatók Éjszakája, melynek országos programsorozatán idén is bepillantunk szinte minden tudományág „kulisszái” mögé.

Ez nem az unalmas előadások estéje, ezek a programok a kutatókat és életpályájukat, a tudományos módszereket és eredményeket a laikusok számára is érthető és

élvezhető formában, interaktív módon, néhol játékos formában mutatják be az érdeklődőknek.

Az Európai Bizottság támogatásával megvalósuló Kutatók Éjszakája Európa-szerte már hetedik esztendeje méltán népszerű tudományos fesztivál, elsősorban a pályaválasztás előtt álló fiatalokat szólítja meg.

A rendezvénysorozat szervezésébe hazánk a kezdetektől fogva csatlakozott. Azóta a Kutatók Éjszakája hazai látogatottsága több mint tizenötszörösére növekedett, Magyarország egyik legjelentősebb kutatás-fejlesztéssel foglalkozó esemény-sorozatává vált. Ma már az ország számos pontján, az összes régióban elérhetők az interaktív, tudományosan igényes programok minden korosztály számára.

Szeretettel várunk minden érdeklődőt a Kutatók Éjszakája 2012-es programjain, szeptember 28-án!

További információ: <http://kutatokejszakaja.hu/2012/>



**KEMIKLIKK – A HÓNAP
FÉNYKÉPE**
„Lassú reakció...” foto:
Berényi Szilvia (MTA TTK)

A KÉMIAI PANORÁMA közösségi oldala

HIVATALOSAN IS LIVERMORIUM ÉS FLEVIORIUM A PERIÓDUSOS RENDSZER KÉT ÚJ ELEMÉNEK NEVE

Közel egy évvel azután, hogy csatlakoztak a periódusos rendszer elemeihez, a kémikusok nemzetközi szervezete, az IUPAC hivatalosan is jóváhagyta két új transzurán elem, a 114-es rendszámú livermorium (Lv) és a 116-os a flerovium (Fl) nevét - adta hírül honlapján a szervezet (www.iupac.org).

A radioaktív és csupán a másodperc töredékéig létező elemek közül a livermorium az 1952 óta működő kaliforniai Lawrence Livermore Nemzeti Laboratóriumról kapta nevét, míg a flerovium Georgij Nyikolajevics Flerovról (1913-1990), aki a dubnai Flerov Laboratórium (FLNR) megalapítója volt.

A 114-es és 116-os rendszámú új elemekkel júniusban bővült hivatalosan a periódusos rendszer a kémikusok és a fizikusok nemzetközi szervezeteinek (IUPAC és IUPAP) három éven át tartó felülvizsgálati eljárása után. A szupernehéz, 114-es és 116-os rendszámú elemeknek ekkor még csak egyezményes, sorszám alapján képzett nevük volt, ununquadium és ununhexium a rendszerbeli sorszámuk - latinul egy-egy-négy és egy-egy-hat - alapján. A javasolt neve-

ket tavaly decemberben tették közzé, öt hónapig lehetett nyilvánosan megjegyzéseket fűzni hozzájuk, mielőtt a hivatalos „névadó” eljárás lezárult, és az új nevek felváltották a periódusos rendszerben a korábbi, sorszám alapján adott latin megnevezést.

A szervezetek csak akkor fogadnak el igazoltnak egy bejelentést, ha az új elem létrehozói a teljes bomlási sort igazolni tudják, illetve azt másik gyorsítóban is meg tudják ismételni. Erre alkalmas intézet azonban a világon csak néhány található, közöttük van a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratórium (Kalifornia, Egyesült Államok) és az Egyesített Atomkutató Intézet (Dubna, Oroszország) is, melyeknek tudósai együttműködésben hozták létre a két transzurán, szupernehéz elemet még 2004-ben és 2006-ban.

A transzurán (uránon túli) elemek természetes körülmények között magfűzítővel a csillagok belsejében születnek. Földi körülmények között két nehézion atommagjának ütköztetésével tudják létrehozni a szupernehéz elemeket, ám nehéz detektálni őket, mert kevés kelet-

kezik belőlük, és gyorsan szétesnek kisebb atomokra.

Hagyományosan a felfedezőik kapják meg a jogot az elemek végleges elnevezésére. A 110-es rendszámú elemet például a darmstadti (Németország) Nehézionkutató Intézet kutatói városuk után darmstadtium (Ds) névre keresztelték. A 112-es - mindeddig legnagyobb rendszámú - elem pedig Nikolausz Kopernikusz tiszteletére a copernicium (Cn) elnevezést kapta 2010-ben a német, finn, orosz és szlovák kutatóktól, akik létrehozták.

Paszternák András, MTA TTK
(forrás: MTI szabadon felhasználható tartalmak)

A HÓNAP IDÉZETE

„A tanulás és a tudás igen fontos, de épp ilyen fontos a megszerzett tudás használata. Aki nem gyakorolja magát a gondolkodásban, nem mélyül el, annak a tudása mit sem ér. Az ilyen tudás semmilyen szellemi fejlődést, gyarapodást nem jelent, semmilyen segítséget nem nyújt a valóság igazi természetének megismeréséhez.”

Tendzin Gjaco

LAPOZGATÓ – KÖNYVAJÁNLÓ KÉT KÍSÉRLET KÖZÉ

Az Ünnepi Könyvhétre jelent meg Inzelt György professzor „Mély kútforrása a bölcsességnek. Vegyészek és vegyületek. Esszék a természettudomány világából” című új könyve a L'Harmattan Kiadó gondozásában.

„A mai világunkat úgy érthetjük meg, ha megismerjük azt a folyamatot, amelynek eredményeként létrejött, és e tudással alakíthatjuk a jövőnket is. Tudósok, kutatók pályájáról, küzdelmeiről olvashatunk tanulságos történeteket. Számos érdekességet tudhatunk meg a tudomány



kevésbé ismert szereplőiről, így például Plesch Jánosról, Einstein orvosáról, Róna Erzsébet atomtudósról, de arról is, hogy a só, a bronz vagy a fűszerek hogyan alakították a világtörténelmet. Választ kapunk arra is, mit tudott Bartók Béla az atomtitokról, melyik a legújabb elem vagy a ritkaföldfémek jelenleg miért okoznak politikai konfliktust. Érdekes és ritka képek teszik még élvezetesebbé a könyv fogatását.



APÁCZAIS ÉREMESŐ

Az EU Természettudományos Diákolimpiájáról, a F fiatal Kutatók Nemzetközi Versenyéről és a Mengyelejev Kémiai Olimpiáról is érmekkel tértek haza az ELTE Apáczai Gimnázium diákjai.

Az **Európai Unió Természettudományos Diákolimpián** második helyezett, aranyérmes csapat egyik tagja volt Borsik Gábor, az ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium 10. osztályos tanulója. A csapat további tagjai Horicsányi Attila, az egri Dobó István Gimnázium 10. osztályos tanulója és Karkas Réka, a szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium 10. osztályos tanulója. A Kolostyák Zsuzsanna, Papp Roland és Sütő Péter alkotta másik magyar csapat a hetedik helyen végzett és ezzel ezüstérmes* lett. Magyarország idén negyedszer vett részt a 2003 óta évente megrendezett Európai Unió Természettudományos Diákolimpián (European Union Science Olympiad, EUSO). A 10. EUSO-t Vilniusban, a litván fővárosban rendezték meg 2012. április 22–29. között, 22 európai ország 44 csapatának részvételével. Az EUSO a nemzetközi diákolimpiáknál fiatalabb korosztály számára alapított verseny, ahol az elsősorban mérésekből és kísérletekből álló feladatok megoldásához a biológia, a fizika és a kémia ismerete is szükséges. A 16 évesnél fiatalabb tanulók háromfős csapatokban közösen dolgoznak, együtt oldják meg a feladatokat. Minden uniós országot legfeljebb két háromfős csapat és három tanár képviselhet. A csapatok felkészítését Bán Sándor (biológia, szegedi Radnóti Gimnázium), Daru János (kémia, ELTE PhD-hallgató) és dr. Vankó Péter (fizika, nemzeti koordinátor, BME Fizikai Intézet) csapatvezető irányította. * 80 %-os eredményt arany, 60 % felett ezüst éremmel jutalmaztak.



Galgóczi Gábor, az ELTE Apáczai Csere János Gimnázium végzős diákja (aki korábban megnyerte az **„Első lépés a Nobel-díj felé” csillagászversenyt**) harmadik helyezést ért el „Exoszoláris bolygókat tartalmazó rendszerek vizsgálata fedési módszerrel” című prezentációjával az **Ifjú Kutatók Nemzetközi Konferenciáján** (International Conference of Young Scientists, ICYS). A 2012. április 16–23. között a hollandiai Nijmegenben megrendezett nemzetközi megméretésen 24 ország 203 középiskolás diákja vetette össze a tudását matematika, fizika, informatika és környezettudomány területén. Az egyéni versenyzőknek saját kísérleti munkájukat kellett bemutatniuk egy negyedórás, angol nyelvű előadásban, majd kutatásaikról kérdéseket tett fel nekik a nemzetközi szakemberekből álló zsűri. Hazánk képviseletében Vámi Tamás Álmos alkalmazott fizika kategóriában, Bényei Éva Bernadettet kémiai kategóriában nyert ezüstérmes, Szűcs Botond pedig bronzérmes szerzett.

Egy arany- és egy bronzérmes is elhoztak az apáczaisok a **Mengyelejev Nemzetközi Kémiai Diákolimpiáról**. Az elsősorban a volt szovjet térség államaiban népszerű, a periódusos rendszer kidolgozójáról elnevezett megmérettetés a Nemzetközi Kémiai Diákolimpia felkészülési idejére esik, ám annál nehezebb verseny. A Mengyelejev Diákolimpián magyar versenyzők első ízben indultak el, és mindjárt kiemelkedő teljesítményükkel hívták föl magukra a figyelmet. A Kazahsztán fővárosában, Asztanában 18 ország részvételével megszervezett diákolimpia aranyérmese és abszolút második helyezette lett Sályi Gergő, az ELTE Apáczai Gimnázium diákja (ő korábban első helyezette lett az ankarai Nemzetközi Kémiai Diákolimpián is), az ugyancsak apáczais Berta Dénes bronzérmes szerzett. A csapat másik két tagja, Zwillinge Márton, a miskolci Földes Ferenc Gimnázium, és Bolgár Péter, a tiszaujvárosi Eötvös József Gimnázium diákja ezüstéremmel térhetett haza. A diákok válogatását és felkészítését középiskolai tanáraik mellett az ELTE Kémiai Intézete végezte.



Forrás: ELTE portál

KÖVETKEZŐ SZÁMAINK TERVEZETT TARTALMÁBÓL:

Hogyan hatnak a makrolid antibiotikumok?

A tojás: táplálék és kísérleti anyag

„AKI kíváncsi kémikus” nyári kutatótábor 2012

Re-Akción – a Kémiai Panoráma közösségi oldala

Mit tudsz az elemekről?

Etikai szabálysértések a tudományban

Munkatársaink

Rovatvezetők

Héja László (kémia a biológiában)
Lopata Antal (kémiai informatika)
Paszternák András (Re-Akción)
Varga Szilárd (szerves kémia)
Wajand Judit (kémia az oktatásban)

E szám szerzői

Bazsó Fanni Laura
Ferenczy György
Gere Dóra
Gózon Ákos
Héja László
Horváth Dániel Vajk
Horváth Gergő
Kőszegi Lúdia
Nemes László
Paszternák András
Simonyi Miklós
Tárkányi Gábor
Varga Szilárd
Wayand Judit

Kémiai Panoráma

Felelős kiadó és főszerkesztő:

Pálinkás Gábor
Kiadja az MTA Természettudományi
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

Nyomdai Munka: Cerberus Ofset

és Digitális Nyomda

Honlap: www.kemiaipanorama.hu



Pálinkás
Gábor
főszerkesztő



Nemes
László
szerkesztő



Simonyi
Miklós
szerkesztő

