

# Kémiai PANORÁMA

2018. évfolyam 2. szám

NOBEL-DÍJAK 2018

ÍZES MOLEKULÁK

A VEGYÉSZ NÖVÉNYKERTJE

SZERVUSZ, KILOGRAMM?

GYMNEMA SYLVESTRE

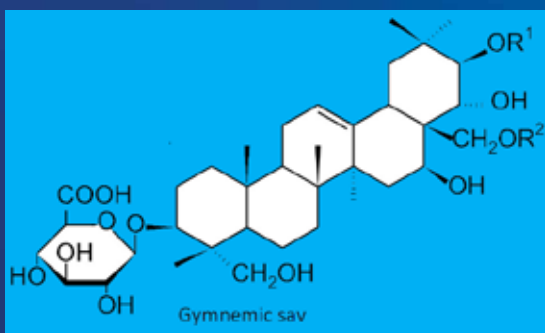
RICHARD FEYNMAN EMLÉKEZETE

MEGBÍZHATÓ ÉTELEKÉRT

GYÓGYÍTÓ ARANYTÓL A VEGYÉSZ ARANYIG

A REAKCIÓKINETIKA MEGALAPÍTÓJA

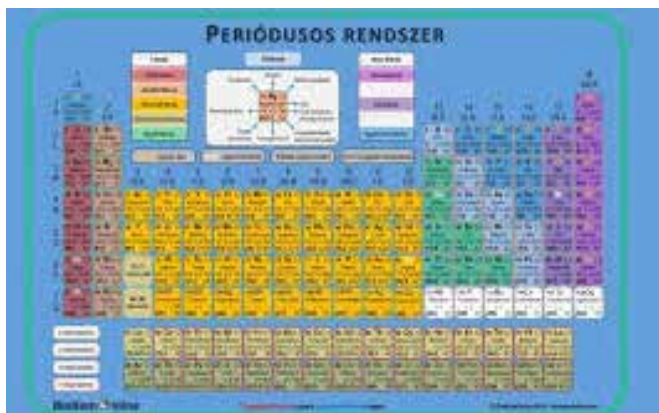
MÓDOSÍTOTT ÉLELMISZEREK



# Kedves Olvasónk!

**E**gy újabb, a kémiával kapcsolatos nemzetközi tematikus esztendő elé nézünk.

Az ENSZ közgyűlése ugyanis a 2019-es évet a Periódusos Rendszer Nemzetközi Évének nyilvánította. A kezdeményezés célja, hogy felhívják – ismeretterjesztő folyóiratként



nyugodtan használhatjuk az első személyt: felhívjuk -- a figyelmet a kémia fontosságára a tudományágak nagy családjában, ezen belül a vegyészet szerepére a fenntartható fejlődés előmozdításában, valamint az energiaipar, az oktatás, a mezőgazdaság és az egészségügy globális kihívásainak a megoldásában.

A periódusos rendszer nem egyszerűen csak a kémiai elemek felsorolása, rendszerezése, különféle jellemzőik alapján. Túl ezeken a periódusos rendszer a természettudományok egyik legfontosabb közös nevezője, mely átjárást és kölcsönös megértést biztosít a csillagászat, a kémia, a fizika, a biológia és más természettudományok között.

Az emlékév apropója, hogy 2019-ben lesz 150 éves a Dmitrij Mengyelejev orosz kémikus által kifejlesztett rendszer, ami 1869-ben még közel sem úgy nézett ki, mint amilyen formában ma ismerjük, mert azóta folyamatosan gyarapodott, mintegy lenyomataként annak, ahogyan bővült a kémia művelőinek a tudása az elemek világáról.

A periódusos rendszer másfél évszázada bővül újabb és újabb elemekkel, s finomodik a különféle tudományos eredményeknek, felfedezéseknek köszönhetően. Eközben pedig mind a mai napig számos tudományos vita, polémia és versengés kapcsolható hozzá. (Ezekről lapunk 17. és 19. számában részletesen írtunk.) Izgalmas, folytonos forrásban lévő kérdéskör tehát az elemek és vegyületek világa, szerkesztőségünk célja, hogy e változatos vegytani univerzumból mostani lapszámunkban, majd a Periódusos Rendszer Nemzetközi Évében is minél több szint, árnyalatot mutassunk fel. **A Szerkesztőség**



**4-9** Nobel-díjak  
2018  
Kémiai, fizikai és  
orvostudományi  
díjazottak  
**Simonyi Miklós**



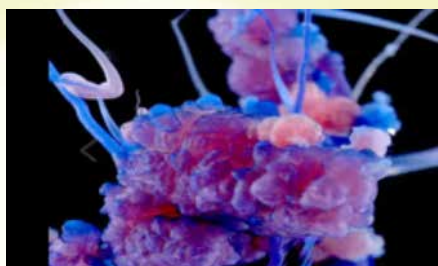
**10-13** A természet  
érdekes  
molekulái  
Ízes molekulák **Pálinkás Gábor**



A szerkesztőség köszönetet mond az MTA Természettudományi Kutatóközpontnak, az MTA Folyóirat-pályázatának, továbbá az MTA Kémiai Osztályának a támogatásáért.

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 Osztálya (4-6. számok) és a Servier Gyógyszerkutató Intézet (5-6. szám) támogatásával valósult meg.



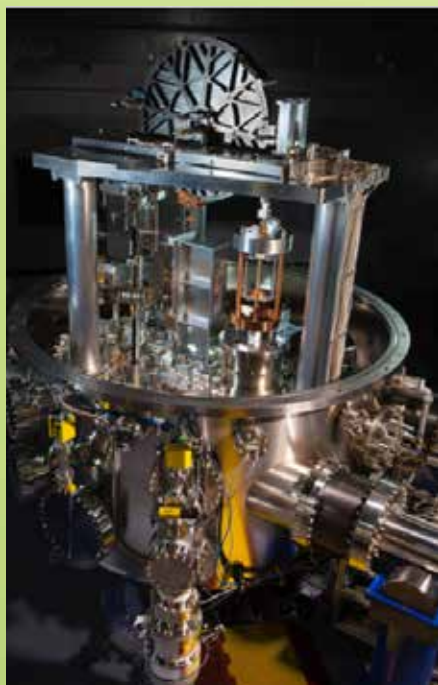


**14-16** A vegyész növénykertje  
Csodás látványok,  
próbára tevő problémák  
**Nemes László**



**17-18** Új mértékegység-  
definíciók  
Szervusz, kilogramm?

**S.M.**



**19-21** Gyógyító molekulák  
Gymnema Sylvestre  
**Kőszegi Lídia**

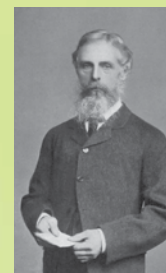
**22-24** Richard Feynman  
emlékezete  
Nem csak tréfált a tudománnyal  
**Ménes  
András – Kracszenits  
Zoltán**



**29-31** Kémiai  
újdonságok  
az Élet és Tudományból  
Gyógyító aranytól a vegyész  
Aranyig  
**(Lapszemle)**



**32-33** A reakciókinetika  
megalapítója  
Száz éve hunyt el Vernon-Harcourt  
**Ménes András**



**25-28** Megbízható ételekért  
Az élelmiszer-biztonság  
kritikus pontjai  
**Fodor Péter**



**34-38** Kivont komponensek  
Módosított  
élelmiszerek  
**Mizsei Réka**



# Kémiai, fizikai és orvostudományi díjazottak

A fehérjék fejlődésének kutatása; apró részecskék csapdába ejtése fényel; a daganatos betegségeket kivédő immunrendszer vizsgálata – ezekért az eredményekért ítélték oda 2018-ban három tudományterületen a legjelentősebbnek tartott nemzetközi tudományos elismerést.

## KÉMIAI NOBEL-DÍJ

A fehérjék irányított átalakításában elért eredményeiért két amerikai és egy brit tudós, Frances H. Arnold, George P. Smith és Gregory P. Winter kapta az idei kémiai Nobel-díjat.

A fejlődés hatalmát az élet számtalan fajtája bizonyítja. Ahogy a Földön az élet első csírája megjelent, az élőlények fokozatosan elterjedtek a bolygó minden részén, a meleg forrásokban, a tenger mélyén, a száraz sivatagokban, és mindez azért, mert a természetes fejlődés nagyon sok kémiai problémát megoldott. Az élet kémiai alapjául szolgáló fehérje változott, megújult, a körülményekhez alkalmazkodott és hihetetlenül sok változatot hozott létre.

Az idei kitüntetettek a fehérjék fejlődésének hasonló elveit alkalmazták: genetikai változtatásokat és szelektálást azért, hogy olyan fehérjéket hozzanak létre, amelyek megoldják az emberiség kémiai problémáit. A díjat három kutató között osztották fel (1. ábra) nem egyenlő arányban. A díj felét Frances H. Arnold, a California Institute of Technology (Caltech), Pasadena, USA

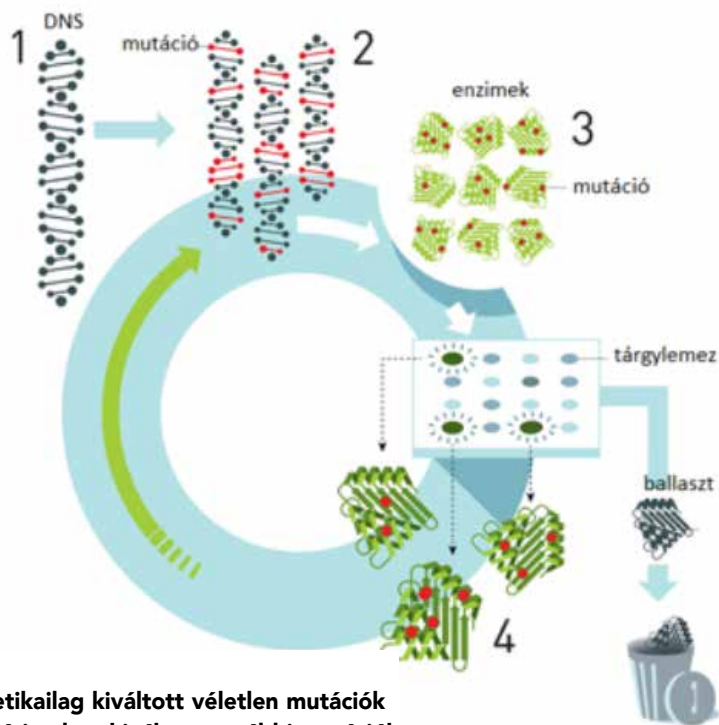


1. ábra. Frances Arnold, George P. Smith és Gregory P. Winter

professzora kapta. A díj másik felén egyenlő arányban osztottak George P. Smith (University of Missouri, Columbia, USA) és Gregory P. Winter (MRC Laboratory of Molecular Biology, Cambridge, UK). A kutatók fehérje molekulák irányított fejlődését idézték elő, amelynek eredményeként olyan enzimekhez jutottak, amelyek bioüzemanyagokat, gyógyszereket és antitesteket produkáltak. Utóbbiak felhasz-

nálhatók autoimmun betegségek és a rák elleni küzdelemben.

Frances Arnold 1993-ban írta le első eredményeit a subtilisin enzim átalakításáról, amelynek eredményeként az enzim nemvízes közegben is működött (Tuning the activity of an enzyme for unusual environments: sequential random mutagenesis of subtilisin E for catalysis in dimethylformamide, K. Chen, F. H. Arnold, *Proc. Natl. Acad.*



2. ábra

1. genetikailag kiváltott véletlen mutációk
2. baktériumban kiváltott további mutációk
3. az aktív enzimek kiválasztása, a ballaszt elhagyása
4. újabb véletlen mutációk beépítése az aktív enzim genetikai állományába, majd a ciklus újraindítása

Sci. 1993, 90, 5618–5622). Módszerét a 2. ábra szemlélteti:

Arnoldot 2014-ben bejegyezték a Híres Amerikai Feltalálók Csarnokába. Ekkor munkásságáról így nyilatkozott: *“Amikor elkezdtem fehérjék genetikai állományát megváltoztatni foglalmam sem volt arról, hogy ez mennyire nehéz. Sok eredménytelen kísérlet után rájöttem, hogy új kísérleti módszert kell választanom. Ezután sikerült olyan enzimeket nyernem, amelyek aktivitása jelentősen megnőtt és ilyet senki nem tudott csinálni. 25 évvel ezelőtt elképzeleéseimet holdkóros álomnak tartották, amivel sem tudósok, sem férfi kutatók nem foglalkoztak. De mivel én mérnök vagyok és nem férfi, ilyen problémám nem adódott.”*

George Smith 1985-ben dolgozta ki a bakteriofág (vírussal fertőzött baktérium) megjelenítésének módszerét (Filamentous fusion phage: novel expression vectors that display cloned

antigens on the virion surface, G. Smith, Science 1985, 228, 1315–1317).

Módszerét a 3. ábra szemlélteti:

A bakteriofágok genetikai állománya baktériumban szaporítható, mert felhasználja a baktérium anyagcseréjét. Smith ötlete az volt, hogy a bakteriofágok felhasználhatók olyan gének tanulmányozására, amelyek funkciója ismeretlen. Mivel a módosított fehérje a fág felszínén jelenik meg, a módszer hasznosnak bizonyult.

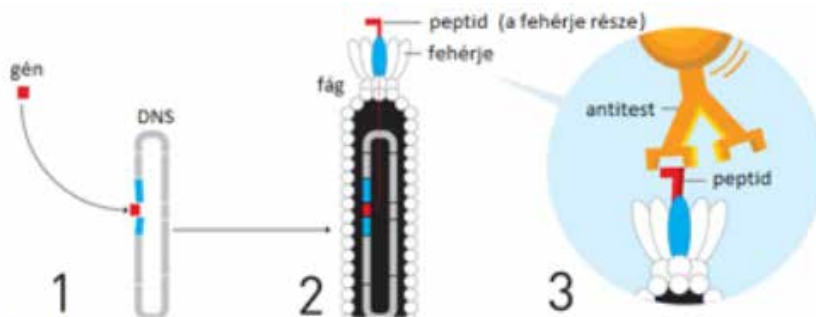
Gregory Winter 1990-től kezdve az antitestek irányított fejlesztését végezte (Phage antibodies: filamentous phage displaying antibody variable domains, J. McCafferty, A. D. Griffiths, G. P. Winter, D. J. Chiswell, Nature 1990, 348, 552–554) új gyógyszerek előállítására céljából. Módszerét a 4. ábra szemlélteti:

Winter tehát Smith módszerét (fág-megjelenítés) használva antitestek millióit fejlesztette ki, és a mutációs ciklusok során azokat vitte tovább, amelyek meghatározott fehérjékhez kapcsolódtak. Ezáltal a olyan antitesteket hozott létre, amelyek toxinokat semlegesítenek, megakadályozzák az autoimmun betegséget és meggyógyítanak bizonyos áttételes rákot.

### FIZIKAI NOBEL-DÍJ

*A lézerfizika területén elért úttörő eredményeiért Arthur Ashkin amerikai, Gérard Mourou francia és Donna Strickland kanadai tudós kapja az idei fizikai Nobel-díjat.*

Hogyan lehet fénnel apró részecskéket rögzíteni, csapdába ejteni? Vagy



3. ábra.

1. génmódosítás a bakteriofág kapszullájának proteinjében, majd bejuttatva a baktériumba, 2. a baktérium a beültetett gén alapján új fehérjét termel, ami a bakteriofág fehérjéi között a felületen jelenik meg, 3. az új fehérje a többi közül egy antitesttel kihalászható

(Royal Swedish Academy of Sciences).

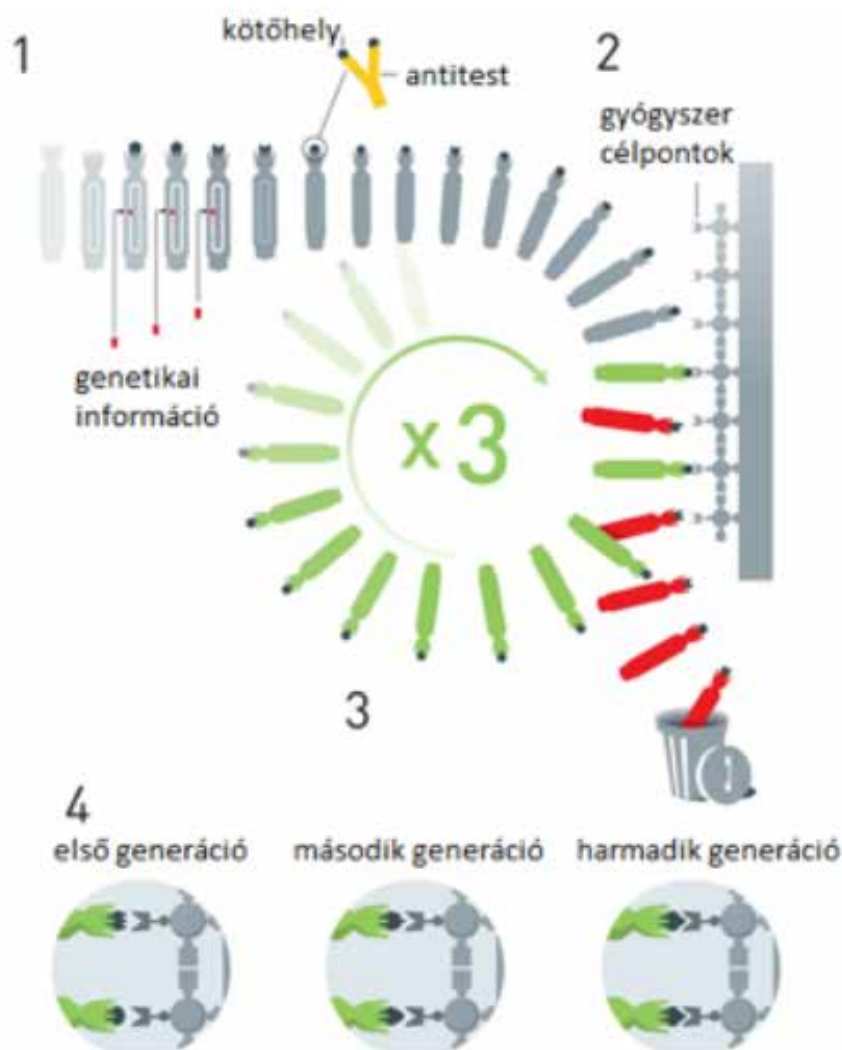
rendkívül gyors folyamatokat tanulmányozni? Három lézer-fizikust díjaztak e problémák megoldásáért. Arthur Ashkin, a Bell Laboratórium (Holmdel, New Jersey, USA) kutatója kapta a díj felét a „lézer-csipesz” megvalósításáért, míg a díj másik felét egyenlő arányban Donna Strickland (University of Waterloo, Kanada) és Gérard Mourou (École Polytechnique, Párizs) a valaha előállított legrövidebb, legintenzívebb lézer sugár megteremtéséért. Az utóbbi technikát olyan tudományos folyamatok vizsgálatára használják, amelyeket eddig pillanatszerűnek tartottak (pl. elektronok mozgása atomokban), továbbá alkalmazzák lézeres szemműtétek során. Ashkin 96 éves, a legidősebb valaha is díjazott kutató.

Strickland az 1980-as években PhD diákként dolgozott a Rochesteri Egyetemen és Mourou volt a témavezetője, amikor megtalálták a nagyenergiájú lézer sugár előállításának módját. Először a lézer pulzust optikai rács közbeiktatásával időben széthúzták, ezzel energiáját csökkentették, ami lehetővé tette a szokásos erősítők alkalmazását. Ezután a lézer pulzust felerősítették és időben összenyomták, amitől rövidebb lett, de rendkívül nagy intenzitású. A folyamatot Strickland élete első közleményében írta le (*Compression of Amplified Chirped Optical Pulses*, D. Strickland, G. Mourou, *Optics Communications* **1985**, 56, 219-221) és „chirped pulse amplification” néven vált ismertté, 6. ábra.

Azóta a technikát tökéletesítették, így ma már attosekundum ( $10^{-18}$  s) időtartamú lézerpulsus előállítására alkalmas, ami rendkívül rövid időben lejátszódó folyamatok tanulmányozását teszi lehetővé, 7. ábra.

Strickland és Mourou módszere áttörés volt mind a tudományos kutatásban, mind a technológiai fejlesztés területén.

Ashkin díjnyertes munkája a lézerek felfedezése után kezdődött, amikor felismerte, hogy a lézersugár enyhe nyomást gyakorol apró részecskékre és mozgathatja azokat anélkül, hogy tönkremen-



4. ábra.

1. az antitest kötőhely genetikai információjának beépítése a fág DNS állományába,
2. fág kiválasztása a célfehérjéhez való erős kötődés alapján,
3. az antitestek véletlen mutációjának kiváltása,
4. az egymást követő ciklusokban létrejövő antitestek egyre erősebben és növekvő specifitással kapcsolódnak a célként kiválasztott fehérjéhez

(Royal Swedish Academy of Sciences).

nének (Acceleration and trapping of particles by radiation pressure, A. Ashkin, Physical Review Letters, 1970, 24, 156-159). Később felismerte, hogy a részecskék a lézersugárral rögzíthetők (Optical trapping and manipulation of single living cells using infrared laser beams, A. Ashkin, J. M. Dziedzic, Berichte Bunsenges. Phys. Chem. 1989, 93, 254-260). Ashkin kimutatta, hogy micrometer méretű szemcsék a fénysugár legintenzívebb részére vándorolnak, 8. ábra.

A ma "optikai csipeszként" ismert módszert Ashkin baktériumok, vírusok és élő sejtek mozgatására tudta felhasználni. A módszer fokozatos fejlesztése révén ma már sokrétűen alkalmazzák: pl. elválasztják az egészséges vörsejteket a betegektől diagnosztikai célból, vagy nanoméretű anyagokat alakítanak át kívánt formára.

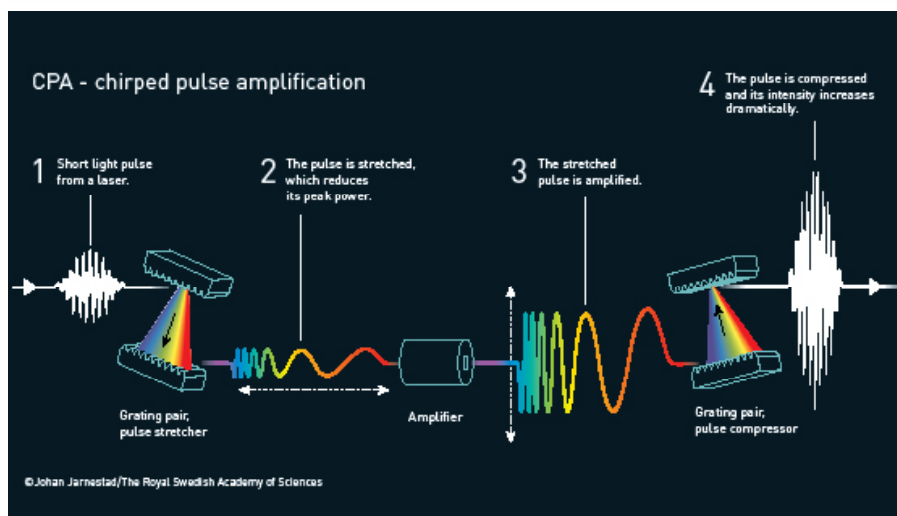
## ORVOSI NOBEL-DÍJ

A rákkutatás területén elért eredményeiért két tudós, az amerikai James P. Allison és a japán Tasuko Honjo kapja az idei orvosi-élettani Nobel-díjat

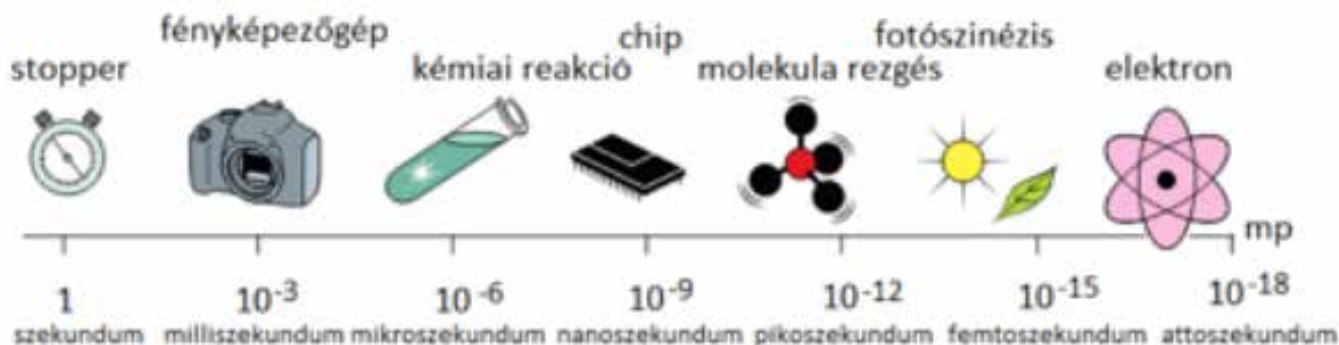
„Miért kap az ember rákot?” kérdezte egy riporter Klein Györgytől, a Karolinska Intézet (Stockholm) neves kutatójától. „Az igazi kérdés az, hogy miért nem kapunk rákot valamennyien?” felelte. „Sokunkat megvéd az immunrendszerünk”. Hogy a betegeket miért nem védi meg, erre a kérdésre



5. ábra. Arthur Ashkin, Donna Strickland és Gérard Mourou



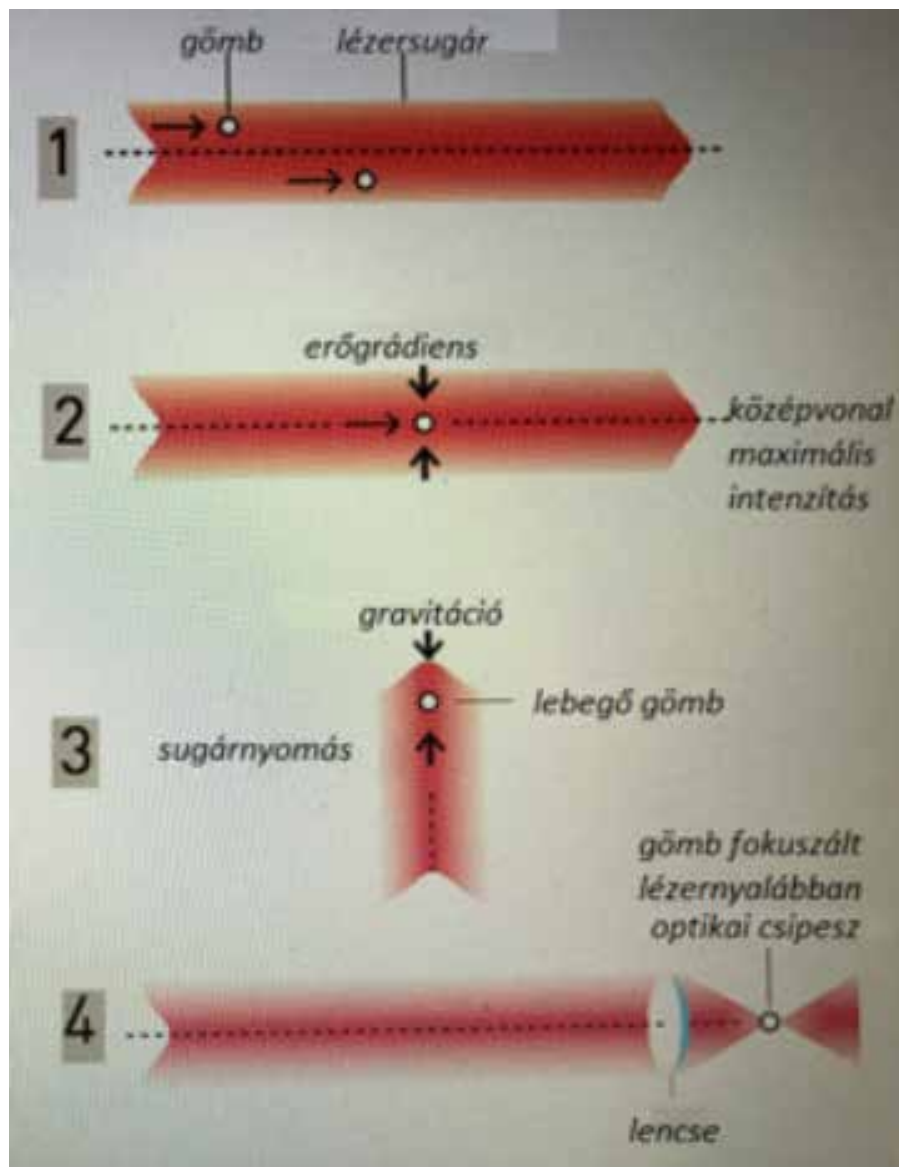
6. ábra. 1. Intenzív lézerefény jut az optikai rácra, 2. a fény energiája drámaian csökken, így nem teszi tönkre az erősítőt, 3. A lézerpulzus energiáját az erősítő megnöveli, 4. a rác a lézerpulzus energiáját drámai mértékben megnöveli (Royal Swedish Academy of Sciences).



7. ábra Különböző sebességű folyamatok időskálája.

(az utóbbi kettő már csak a "chirped pulse erősítés" útján vizsgálható)

Johan Jarnestad, The Royal Swedish Academy of Sciences



8.ábra

1. Kis fehér gömbök a lézerfény hatására mozogni kezdenek,
2. Az erőgradiens hatására a részecskék a lézersugár tengelyében helyezkednek el, ahol a fény intenzívebb
3. A részecskék lebegnek a felfelé irányított lézersugárban, mert a sugárzás ereje semlegesíti a gravitációt
4. A lézersugár egy lencsével fókuszálható, ami megtartja, a részecskéket, akár baktériumok vagy élő sejtek is rögzíthetők az optikai csipesszel (Royal Swedish Academy of Sciences)

kerestek választ az idei kitüntetettek: James P. Allison (University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX, USA), és Tasuko Honjo (Kyoto University, Japan), akik felfedezték, hogy a rák gyógyítható a negatív immunszabályozás gátlásával, a rákos sejtek és az immun sejtek titkos kézfogásának megakadályozásával. A kutatók munkája a rák terápiájának egy új elvét mutatta meg azzal, hogy a gátolt immunrendszerrel képessé tették a rákos sejteket elpusztítására.

James Allison az ismert CTLA-4 (citotoxikus T-limfocitával-társult protein 4) fehérjét vizsgálta, amelyik az immunrendszer T-sejtjeinek működését fékezi. Felismerte, hogy egy antitest használatával, amelyik a CTLA-4 fehérjéhez kötődik, a fékező hatás megszüntethető és lehetővé teszi, hogy az immun-sejtek megtámadják a rákos sejteket. (Enhancement of Antitumor Immunity by CTLA-4 Blockade, D. R. Leach, M. F. Krummel, J. P. Allison, *Science* **1996**, 271, 1734–1736). Ezután ezt az elvet odáig fejlesztette, hogy betegek kezelésére legyen alkalmas.

Tasuko Honjo felfedezte a PD-1 (programozott sejthalál 1) proteint amely a T-sejtek felszínén helyezkedik el (Induced expression of PD-1, a novel member of the immunoglobulin gene superfamily, upon programmed cell death, Y. Ishida, Y. Agata, K. Shibahara, T. Honjo, *EMBO J.* **1992**, 11, 3887–3895). Igazolta, hogy a PD-1 fehérje is gátolja az immunrendszer működését. A felfedezése alapján kidolgozott terápia hasznosnak bizonyult rákos betegek kezelésében.

A felfedezések elvét a 10. ábra szemlélteti:

A terápiában a PD-1 gátlása tüdő- és vese-rákos megbetegedésekben, limfómás és melanomás betegekben bizonyult hatásosnak, míg ipilimumab (egy antitest) ami a CTLA-4 fehérjét gátolja megnövelte a melanómában szenvedő betegek túlélését. Az ipilimumab 2011-ben kapott törzskönyvezést az FDA (Food and Drug

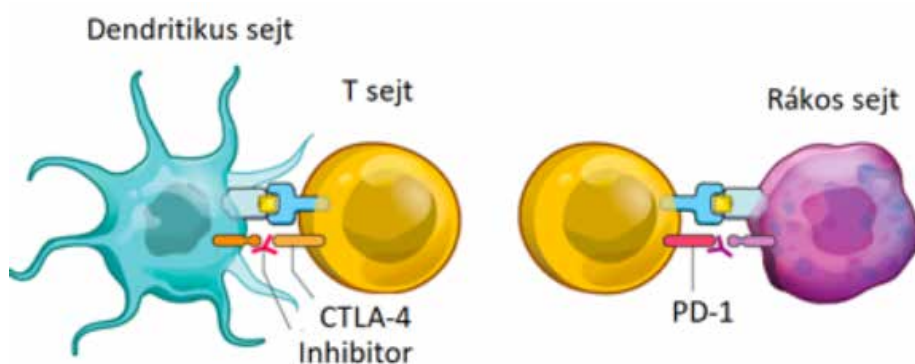


9. ábra James P. Allison és Tasuko Honjo

Administration, amerikai gyógyszerhatóság) részéről, de ettől még nem lett gyógyszer. 2013-ban Allison beszámolt arról az ellenállásról, amivel a gyógyszeripari cégek részéről találkozott. *“Ez működhet egerekben, de soha nem lesz jó embereken”* mondták. Végigjárta a gyógyszergyárakat, míg végül a Bristol-Myers Squibb vállalta az ipilimumab fej-

lesztésének költségeit. Végül az FDA 2015-ben engedélyezte a human alkalmazást, így ez volt az első immunterápiás gyógyszer, ami elérte a betegeket.. Azóta már más vállalatok is fejlesztettek inhibitorokat, amelyek engedélyt kaptak kipróbálásra.

**Simonyi Miklós**



10. ábra, A fékek kikapcsolása

**A CTLA-4 protein megakadályozza fehérjék kötődését T-sejtekhez, ezáltal a tumor felismerését, de inhibitor megszünteti a CTLA-4 gátló hatását. A PD-1 fehérje meggátolja, hogy a T-sejt megtámadja a rákos sejtet, de egy antitest reaktiválja a T-sejtet és lehetővé teszi a rákos sejt megtámadását. (Royal Swedish Academy of Sciences)**

## NŐK A TUDOMÁNYBAN

Épeszű ember nem híheti, hogy nők kevésbé alkalmasak tudományos munkára, mint a férfiak. A Nobel-díjak kapcsán azonban van min elgondolkodni. Idén a 118. alkalommal osztottak ki díjakat. Donna Strickland a harmadik nő, aki fizikai, Frances Arnold az ötödik nő, aki kémiai díjban részesült. A helyzet javítása érdekében a Nobel bizottságoknak is tenniük kell valamit, mivel az ajánlások csak meghívásra történhetnek (Nature October 9, 2018, 562, 164). Természetesen, a díjakat csak érdem alapján ítélik oda.

Ritkán van híre a nők hátrányos megkülönböztetésének, de közelmúltban történt ilyen eset. A CERN (Európa részecskefizikai laboratóriuma Genf mellett) szeptember 28-i konferenciáján egy szekciót szentelt annak megvitatására, milyen szerepet játszanak nők a fizikában. Ezen tartott előadást Alessandro Strumia a Pisai Egyetem professzora, aki szerint: „A nők megkülönböztetett előnyöket kapnak és mégis alkalmatlanok a feladatokra képességek és érdeklődés hiánya miatt.” Ennek bizonyítására Strumia megnevezett egy nőt, akit megbíztak egy feladattal, amire ő is pályázott és – szerinte az ő eredményei jobbak, mivel munkáit többen idézik. Mintha a tudományos értékek egyedüli mércéje az idézettség lenne.

Ez az esemény nem maradt következmények nélkül. A CERN nyilatkozatban ítélte el az előadást és további vizsgálat lefolytatásáig felfüggesztette Strumia aktivitását a CERN programjában. Ezen felül a Pisa-i Egyetem rektora – miután megvizsgálta az előadás 28 diáját – etikai vizsgálatot kezdeményezett Alessandro Strumia ellen és a szükséges dokumentumokat megküldte az Egyetem Etikai Bizottsága számára az Egyetem alapértékei ellen elkövetett esetleges fegyelmi vétség kivizsgálására (<https://www.unipi.it/index.php/english-news/item/13316>).

A tudományos közösségek gyors reagálása jelzi, hogy a nemek közötti hátrányos megkülönböztetés, diszkrimináció nem elfogadható.

# Ízes molekulák

Az íz az emberek és az állatok öt klasszikus érzékének egyike. Az érzékek – a látás, hallás, tapintás, szaglás és az ízlés – rendeltetése a közvetlen környezet természetének felismerése és ehhez történő alkalmazkodás elősegítése. Míg a látást, hallást és tapintást fizikai jelenségek (fényhullámok, nyomáshullámok és fizikai nyomás) teszik lehetővé, az íz és a szag alapvetően kémiai érzékelések.

**A**z élőlények szaglása és az ízérzékelés során kemoreceptorok segítségével szereznek információt környezetük vegyi összetételéről. A különbség a kettő között az, hogy a szaglás főként a távoli ingerek érzékelése, az ízlés kemoreceptorai pedig közvetlen kapcsolatot teremtenek az inger forrásával. Az ingerek hatására minden esetben idegi impulzusok keletkeznek az érzékszervi válaszrendszerekben. Ezek az idegi impulzusok váltják ki az agyban az íz érzetét. Az impulzusok energiája az érzékszervi válaszrendszerek erősítő mechanizmusa miatt minden esetben nagyságrendekkel nagyobb, mint a kiváltó inger energiája. Az ingerekre adott válasz gyors, például az íz 50 milliszekundumon belül észlelhető.

Az emberek esetében az ízek nagyon gyakran erős érzelmekkel társulnak, intenzív örömet és kellemetlenséget is okozhatnak. Az ízek kapcsolata az érzelmekkel, az evolúció során alakult ki. Az íz érzete a túléléshez és a táplálékok felismeréséhez nyújtott segítséget. A keserű vagy savanyú ízek a mérgező, ehetetlen növények, vagy a rothadó fehérjében gazdag táplálékok indikátorai. Az édes és a sós ízek legtöbbször a tápanyagokban gazdag élelem jelei. Az evolúció során az állatvilágban az íz felismerésének jóval nagyobb szerep jutott, mint az emberek esetében. Az ízérzékenység mértéke eltérhet az egyedek között és a fajok között még nagyobb különbségek is felléphetnek. Az emlősök különösen kitűnnek az ízle-



lésben, mivel a rágás során jobban feltárgják a táplálék kémiai összetételét. A kétéltűek, hüllők, és a madarak nem rágják meg a táplálékot.

## AZ ÍZ ÉRZÉKELÉSE

Minden állat rendelkezik valamilyen kémiai érzékelő rendszerrel, még az egysejtű amóbbák is, amelyek képesek speciális vegyületek érzékelésére és el is mozognak irányukba. Az ízlelő receptorok elhelyezkedése az állatok esetében igen változatos lehet. Bár a legtöbb esetben a száj körül csoportosulnak, számos esetben elszórtan az egész test felületén megtalálhatóak. A csigák esetében például a fej tapogatói különösen sok kemoreceptort hordoznak, de a test egyéb részein is megtalálhatóak. A puhatestűek egyik osztálya, a lábásfejű-

ek (polipok, tintahalak) karjain, a szívókorongokon, számtalan kemoreceptor ül. A rovarok többségének a csápján, szájszervein és ajaktapogatóin helyezkednek el az íz érzékelő kemoreceptorok, amelyek lepkéknél a lábon, illetve a tojócsövön is előfordulnak.

A harcra szájszegletének közelében 2 hosszú, az alatt alul 4 rövidebb bajuszszálat találunk, amelyeken szintén ízlelő

”  
Az ízek kapcsolata az érzelmekkel, az evolúció során alakult ki.

”

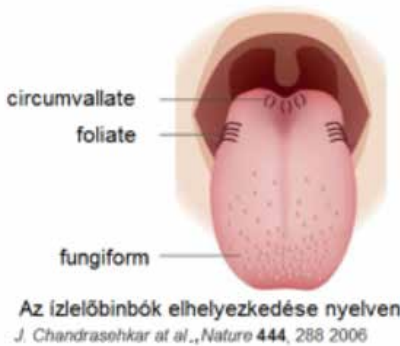


kemoreceptorok találhatóak. A bajuszszálak így a tájékozódás mellett, az ízlelést is segítik.

A különböző halfajok, életmódjuktól függően eltérő érzékenységet mutatnak a vegyi anyagokra, de általánosságban elmondható, hogy a számukra fontos ízeket nagy felbontással képesek érzékelni. A tenger és édesvíz között vándorló halak egyik legfontosabb „iránytűje” az, hogy mennyire sós ízű a víz. Igen kis koncentrációkülönbséget is képesek érzékelni.

Az ember és a szárazföldi gerincesek esetében a nyelv veszi át az ízérzékelés szerepét. Mivel a halakkal ellentétben, a szárazföldi gerinceseknél az orrüreg és a garat összeköttetésben áll, így a szaglász és az ízlelés együttműködése a komplex ízérzet, aroma kialakításához is vezet. Az íz érzetét a nyelv hát nyálkahártyájának különböző alakú kidudorodó hámképződményeiben, az úgynevezett papillákban elhelyezkedő ízlelőbimbók receptor sejtjei közvetítik. Ezek adják a nyelv felszínének bársonyos kinézetét is. A szájüregben és a garatban is található néhány ízlelőbimbó, de döntő többségük a nyelv papilláiban tömörül.

A nyelv hát különböző részein elszórt ízlelőbimbók, 50-150 ízreceptorsejtet tartalmaznak. A circumvallate (körülárkolt) papillák a nyelv hátsó részén találhatóak, és 5-10 ízlelőbimbót hordoznak. A nyelv hátsó két oldalsó szélén vannak a foliate (leveles) papillák, amelyek hámla szintén sok ízlelőbimbót tartalmaz. A nyelv elülső kétharmadában a fungiform (gomba alakú) papillák néhány ízlelőbimbóból állnak. A két utóbbi eredményezi a nyelv vörös színét. Korábban úgy képzelték, hogy a különböző ízek receptorai a nyelv különböző részein helyezkednek el. A közelmúltbeli kutatások kimutatták, hogy nincs nyelv „térkép”: Az öt alapvető íz receptorai a nyelv mindhárom típusú papilláiban előfordulnak. Az ízérzékelő receptor sejtet idegszálak fonják be, melyek végződésai ingerlődnék (depolarizálódnak) a receptor sejtet által kibocsátott neurotranszmitter



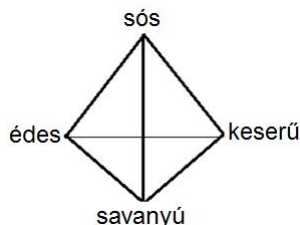
molekulák hatására. Az ingert az idegek elektromos jelként közvetítik az agy felé.

## Az alapvető ízek: édes, sós, savanyú, keserű, unami

Az alapvető ízek általános kémiai természetét régóta az érdeklődés központjában áll. Az elismert elsődleges ízek száma változott az évek során.

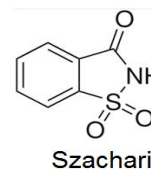
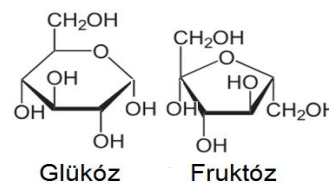
Arisztotelész kettőt, az édest és keserűt különböztette meg. Úgy gondolta, hogy a többi e kettőből képezhető. Linné svéd természettudós szerint jóval több megkülönböztethető: édes, savanyú, csípős, sós, keserű, zsíros, íztelen, fanyar, viszkózus, vizes, émelyítő. Wund a kísérleti pszichológia megalapítója szerint az alapvető ízek az édes, a sós, a savanyú, a keserű, a fémes és a lúgos. Henning (1917) az íz spektrumot folytonosnak tekintette, a négy alap ízből (édes, sós, savanyú, keserű) kikeverhetőnek képzelte, hasonlóan, mint a színkeverésnél a színeket a három alapszínből.

Ezt követően a XX. században tovább bővült az alapvető ízek száma. Az ötödik alapvető íz, a keleti zamatos húsevesek ízt idézi és a japán „unami” megnevezést kapta. A nyugati kultúrákban ez az íz kevésbé ismert. Olyan ételeket jelez, amelyek különösen gazdagok fehérjék-

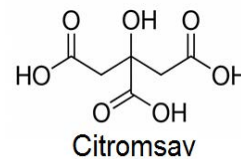
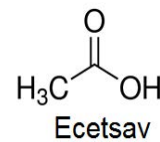


ben és aminosavakban. Érezhető például a paradicsomban is, bizonyos sajtlekben, halfélékben, a spenótban is és a japán konyhában használt konbu nevű barnamoszatban is.

## ÍZES MOLEKULÁK ÉDES



Az édes ízt általában cukrok, például glükóz, fruktóz vagy laktóz és származékaik okozzák. Mesterséges édesítő szerek, a szacharin és aszpartám is édesek. Édesnek érezhetünk néhány aminosavat is. Ilyenek például a R-Tirozin és R-Hisztidin. A fehérjék között is előfordulnak édes ízűek. Egy Nyugat-afrikai cserje gyümölcsében található fehérje a monellin, édes íze egy két ezerszer intenzívebb, mint a szacharózé. Az függő, pH 2 alatt és pH 9 felett íztelenné válik.



## SAVANYÚ

A savanyú ízt gyengén disszociáló szerves savak okoznak. Ilyen például a citromsav, ecetsav, bor-

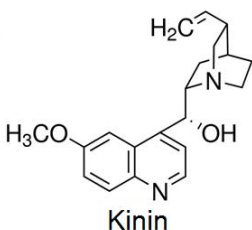
kósav is. Az érzést a vizes oldatokban disszociáló hidrogénionok ( $H^+$ ) okozzák. A teljesen disszociáló savak (sósav, kén-sav), inkább maró hatásúak.

## SÓS

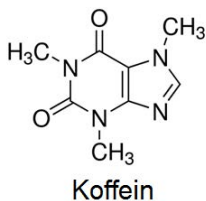
A sós az egyértékű kationok sóira, elsősorban halogénekkal képzett vegyületeire jellemző. Intenzív sós érzetet kelt a konyhasó ( $NaCl$ ), de más ásványi sók, mint a kálium vagy a magnézium sói is okozhatnak sós érzetet. A sós íz fontos a szervezet számára, mivel a nátrium és kálium részt vesz a sejtek membránpotenciáljai és ingerületei kialakításában.

## KESERŰ

A keserű ízeket számos alapvetően különböző vegyület okozza. Például a kinin, koffein és humolon (komlópolifenol) is. Keserűnek érezhetünk néhány aminosavat is. Ilyen például az S-Tirozin és az S-Fenilalanin.



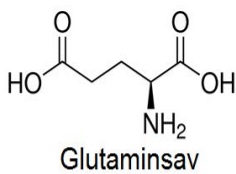
Kinin



Koffein

## UNAMI

Az „umami” ízét, általában glutaminsav, aszparaginsav vagy sóik okozzák. Ez a két aminosav élelmiszerekben és bizonyos növényekben található fehérjék részei. Az érett paradicsom, a hús és a sajt sok glutaminsavat, a spárga aszparaginsavat tartalmaz. A kínai konyha, a nátriumglutamátot, ízfokozóként használja



Glutaminsav



Aszparaginsav

## MÁS ÍZEK?

Jelenleg tehát öt alapvető ízt különböz-

tet meg az irodalom, bár több más íz megkülönböztetésének javaslata is számos alkalommal felmerült. Ilyen a csípős, a hűvös, a zsíros, a fémes ízé. A zsíros ízt többször is javasolták a hatodik alapvető íz címére. Újabb kutatások szerint valószínűleg léteznek specifikus zsírreceptorok is. Felfedeztek egy specifikus receptort, amely reagál a linolsavra, amely számos természetes triglicerid (napraforgóolaj, szójababolaj, kukoricaolaj) része. A többi említett ízről kiderült, hogy nem tiszta ízek és más jelenségek is hozzájárulnak érzetükhöz.

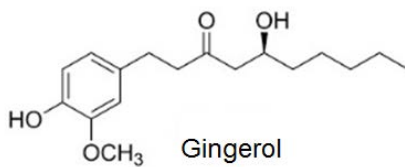
## CSÍPÓS ÉRZET



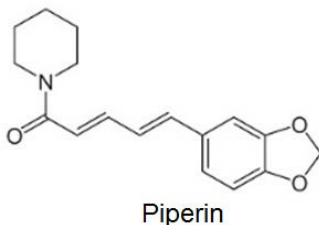
A csípős ételek miatt kialakuló égető érzést sokan kedvelik világszerte. Ilyen érzetet kelt jó néhány paprika és fűszerkeverék, a csili, a gyömbér, a fekete bors, valamint a tömény etanol is. A paprika és a csili csípős ízű molekulája a kapszaicin. A kínai ételekben gyakran használt gyömbér csípős molekulája, a gingerol. A fekete bors csípős molekulá-



Kapszaicin



Gingerol



Piperin

ja a piperin. Ázsiában és Dél-Amerikában a csípős ízt már régóta alap ízként tartják számon. Azonban a csípős ízt az irodalom nem számítja az alapvető ízek közé, mivel a csípős, égető érzést keltő fűszerek összetevői a nyelvünk fájdalom- és a hőérzékelésért felelős idegvégződéseit is ingerli. Érdekes, hogy néhány állat érzékeli a csípős ízt, de a madarak például nem.

## HŰVÖS ÉRZET

Az égető érzést keltő csípős ételekkel szemben a mentolos, borsmentás ételek, vagy a kámfor hűsítő érzetet keltenek a szánkban. Itt is ugyanaz a mechanizmus működik, mint a csípős ételeknél, mivel valójában a nyelvünk hő receptorai jeleznek agyunknak, a valóságosnál alacsonyabb hőérzetet.

## FÉMES ÍZ

A fémes íz feltételezhetően összefüggésben áll az elektromos vezetőképességgel, ugyanis az ilyen esetekben kisméretű áramütés éri a nyelvünket.

## ÍZT GÁTLÓ ÉS ÍZT MÓDOSÍTÓ MOLEKULÁK

Néhány ember nem, vagy csak igen gyengén érzi a keserű ízeket. Ezt a jelenséget „ízvakságnak” nevezik. A jelenség a Mendel-féle recesszív öröklődési okokra vezethető vissza. Az ízvakság nem minden íz-intenzitás esetében áll fenn. Lehet, hogy valaki nem érzi az intenzív keserű ízt, de érzi a kevésbé keserű koffein ízét.

Néhányan a szacharózt és fruktózt savanyúnak és a glükózt keserűnek érzik. Ezt nevezzük íztévesztésnek. Az íztévesztés betegségekkel és gyógyszerek, drogok fogyasztásával hozható kapcsolatba.

Két természetes molekuláról kimutatták, hogy édes ízt gátló tulajdonsággal rendelkeznek. Ilyen az indiai Gymnema Sylvestre leveleiből kinyerhető gymnemic sav és a kínai Ziziphus jujuba fa leveleiből származó ziziphin. A szénhidrátok édes ízét elnyomó mindkét molekula pentaciklusos triterpén glikozid. Elnyomják az édesítőszer



többségének ízét, beleértve az intenzív mesterséges édesítőszereket, például az aszpartámot és a természetes aminosavak (például glicin), vagy a taumatin fehérje édes ízét is. Hasonló hatású a kolumbiai kávémagból izolálható lactisol, melyet zselékben és más gyümölcskonzervekben használnak a gyümölcsök intenzív édes ízének csökkentésére.

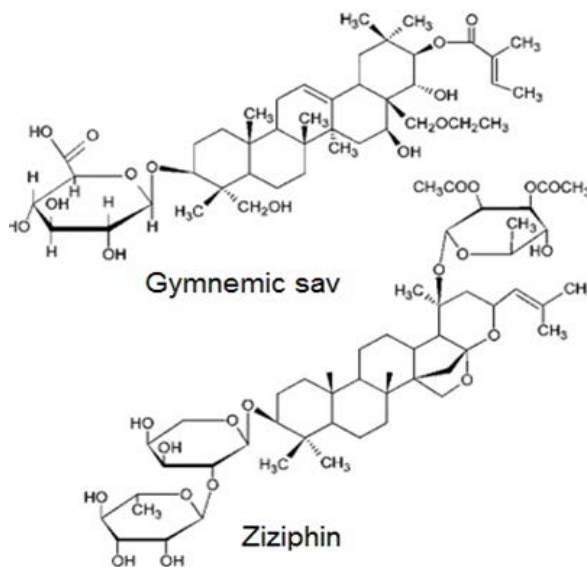
Két növényi fehérje, a miraculin és a kurkulin íz módosítók, édesre változtatják a savanyú ízeket. Az effektus akár egy óráig is eltarthat. Érdekes, hogy a kurkulin maga édes ízű, a miraculin azonban íztelen.

## IZOMÉRIA-ÍZ ÖSSZEFÜGGÉS

A kiralitás alapvető a biológiában, központi szerepe van a molekuláris felismerésben. Az illatanyagok esetében a molekula illatát erősen befolyásoló tényező a szerkezeti és sztereokémiai izoméria (Illatos molekulák Kémiai Panoráma No19). A különböző izomereket más specifikus szagreceptor képes megkötni. Például az R-limonén molekula narancs, enantiomer párja pedig citrom illatú. Az ízanyagok esetében változatosabb az izoméria szerepe. A cukor molekulák enantiomerjei kisebb vagy nagyobb mértékben édes ízűek és számos aminosav is édes, az emberek és állatok számára kellemes ízű. Ez figyelemre méltó, mivel a cukrok anyagcsere-üzemanyagok.

A jobbra forgató (R-) aminosavak többsége édes ízű. Enantiomer párjuk (S) több esetben íztelen, de lehet édes, keserű, savanyú és unami is. Kivétel az aszparaginsav, a glutaminsav, amelyek mindkét izomerje unami ízű, és az arginin, amelynek izomerjei keserűek. Néhány aminosav enantiomerjeinek ízét az alábbi táblázat tünteti fel.

Az aminosavak egy része nem érzékeny az izoméria jelenségére, az enantiomerjeik azonos ízűek. Más



résziük, pl. a fenil-alanin és a triptofán enantiomerjei eltérő ízűek. Az eltérő ízű enantiomerekkel rendelkező aminosavak majdnem mindegyikének, a fehérje építésben szerepet játszó balraforgató (S) enantiomerjei keserűek (az aszparaginsav savanyú). Érdekes, hogy a táblázatban szereplő utolsó hat aminosav, a 9 alapvető fontosságú (essenciális)

Aminosav	S	R
Glicin	Éd	x
Alanin	Éd	Éd
Szerin	Éd	Éd
Treonin	Éd	Éd
Glutamin	Éd	Éd
Arginin	Ke	Ke
Aszparaginsav	Un	Un
Glutaminsav	Un	Un
Aszparagin	Sv	Éd
Fenil-alanin	Ke	Éd
Triptofán	Ke	Éd
Metionin	Ke	Éd
Valin	Ke	Éd
Hisztidin	Ke	Éd
Leucin	Ke	Éd

Néhány aminosav-enantiomer íze  
M. Kawai et al., Amino Acids 43, 2349 (2012)

lis) aminosav közé tartozik, amelyeket az emberi és állati szervezet nem, vagy csak elégtelen mennyiségben képes előállítani és így csak a táplálékokkal tudja beszerezni. Ez látványosan ellentmondásban van azzal az általános véleménynel, hogy az ízek kapcsolatban állnak a táplálék illetve a mérgező anyagok felismerésével.

Azonban az essenciális aminosavakhoz állati fehérjék, hús fogyasztásával jut az emberi és az állati szervezet is. A fehérjék az

emésztés folyamán elbomlanak peptidekre és aminosavakra. A táplálék elvetése vagy elfogadása a peptidek ízevel van kapcsolatban. Bár a legtöbb peptidnek és sok fehérjének is van íze és ízük lefedi a teljes íz skálát, azonban ízük nincs egyszerű relációban az aminosavak ízeivel. Példa erre a glicil-S-triptofán peptid, amely nem keserű, pedig az S-triptofán keserű. A peptidek és fehérjék ízeinek kapcsolata a szerkezetükkel még nem teljesen feltárt terület és jelenleg is a kutatások tárgya.

Pálinkás Gábor

## IRODALOM

- Robert Shallenberger, Taste recognition chemistry, Pure & Appl. Chem., 69, 659, (1997).  
Fonyó Attila, Az orvosi élettan tankönyve, Medicina Könyvkiadó Zrt. (2011)  
Vass Zoltán, Ízek és ízlések az állatvilágban, Magyar Természettudományi Múzeum  
M. Kawai et al., Gustatory sensation of l- and d-amino acids, Amino Acids, 43, 2349 (2012)  
A. Bassoli et al., The taste of D- and L-amino acids, Food Chemistry 150, 27 (2014)  
Simonyi Miklós, Kiralítás, Kémiai Panoráma, No4, No5  
<http://www.tudasbazis.sulinet.hu>  
Kémiai érzékszervek/Érzéketli modalitások

# Csodás látványok, próbára tevő problémák

HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/JOHANN\_RUDOLF\_GLAUBER



1. ábra. Johann Rudolph Glauber (1604-1670)

Mikor e sorok írója kiskamasz korában érdeklődni kezdett a kémia iránt, érdekes olvasmánya volt Sztrókay Kálmán könyve, a Kémiai Kísérletek. A második kiadás 1946-ban jelent meg az Egyetemi nyomda gondozásában. Számos egyszerű kísérletet ismerhettünk meg belőle otthoni körülmények közötti munkára. Ma már nem buzdítjuk a gyerekeket ilyesmire, mert túl veszélyesnek tartjuk. A kötetben nem szerepelt az a kísérlet, amiről ebben a cikkben szó lesz, pedig látni fogjuk, hogy biztonságos kémiai mutatóványról van szó, amihez nem nehéz a szükséges anyagokat beszerezni és roppant látványos. Ha valakit egy kicsit is vonz a kémia, ez a kísérlet biztosan megmozgatja a fantáziáját.

**E** nevezetes kísérletet első ízben 372 éve vezette el Johann Rudolph Glauber, akinek a nevét a glaubersó (nátrium szulfát) öröközte meg, ezt 1625-ben állította elő.

Glauber német-holland alkimista és vegyész volt, sokak szerint az első vegyész-mérnök. Amszterdamban gyógyszerket és vegyi anyagokat (pl. glaubersót) állított elő. Az itt leírt kísérlethez vaskloridot ( $\text{FeCl}_2$ ) és káliumszilikát ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) oldatot használt. Nagyon érdekes képződményeket figyelt meg, amelyek növényekhez ill. virágokhoz hasonlítottak, ezért az ilyen formákat a vegyész kertjének nevezik.

Hasonló kísérleteket végezhetünk számos vízdoldható nehézfém sóval és közönséges vízüveg oldattal, pl. más vasvegyületekkel (pl. sárga- vagy vörös vér-

lúgsóval (vörös: kálium ferricianid  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , sárga: kálium ferrocianid  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ). Ezek a komplex cianidsók veszélytelenek, a szerző maga is használta ezeket, azonban a kristályokat hevíteni nem szabad, mert kálium cianiddá alakulnak, ami ugye gyorsan ölé méreg!!!!!!

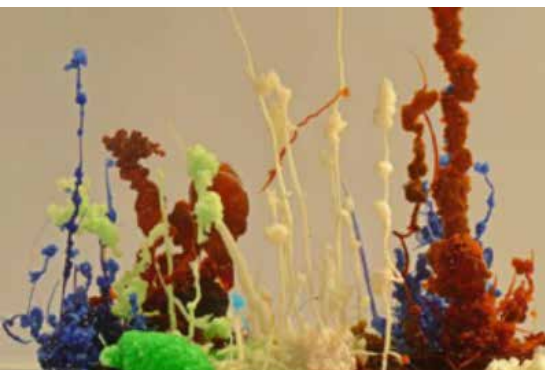
Egyéb kevésbé veszélyesnek tűnő fém-sók más-más színű "növénykertet" pro-

dukálnak, ajánlhatók a következők: kálium-alumínium-szulfát (fehér), rézszulfát (kék), króm(III) klorid: (zöld), nikkel(II) szulfát (zöld), kobalt (II) klorid (biborlila), kalciumklorid és cinkszulfát (fehérek).

Az alábbiakban bemutatunk néhány képet különböző kémiai kertekről, hogy ezek igen változatos megjelenési formáit élvezhessük. Az alábbiakban recepttel is szolgálunk az érdeklődőknek, hogy saját kertjüket előállíthassák.

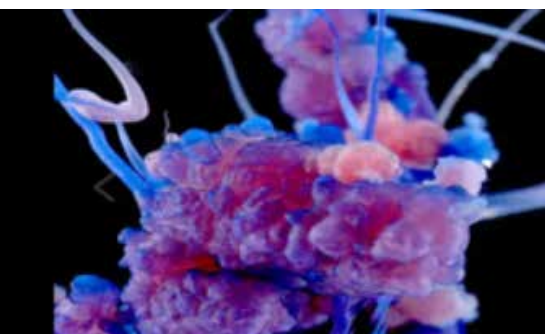
Ilyen kémiai kerteket az alábbi módon állíthatunk elő. Először is be kell szereznünk a kiindulási fém-sókat (pl. rézgalic kristályokat kertészeti boltban kaphatunk). Természetesen vízüveg oldat is kell, ezt szintén kaphatunk kertészeti boltban. Azután egy benzinkútnál vegyünk desztillált vizet, amivel

A kémiai kerteknek igen változatos megjelenési formáit élvezhetjük.



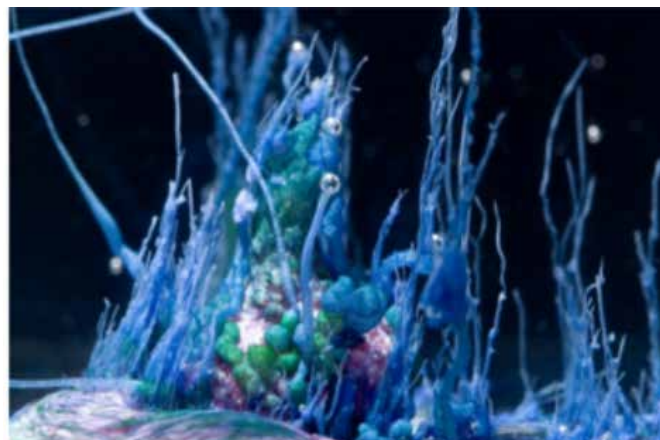
2. ábra. DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00014

A vegyész kertje kobalt, réz, vas, nikkel és cink sókkal vízüveg oldatban



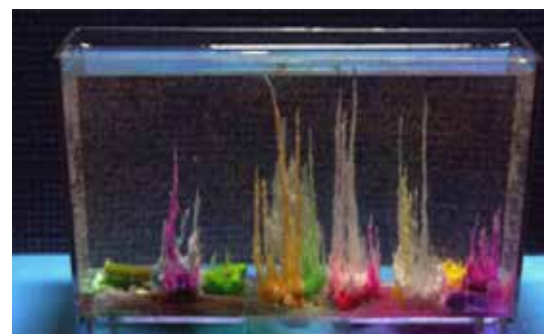
3. ábra. <https://vimeo.com/106809656>  
A példák sokáig sorolhatók; bemutattunk még két szemgyönyörködtető kert:

5. ábra. The chemical gardens. Photos ©Stephane Querbes Text ©Etienne Colomb/K-Minos Original idea ©R.E Eastes -C. Darrigan

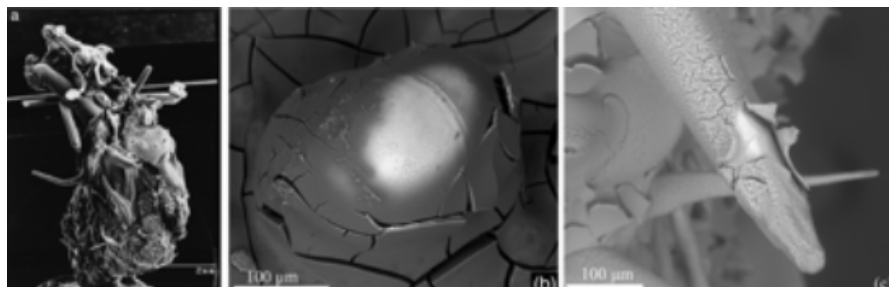


higítanunk kell a vízüveget. Valahonnan szerezzünk tiszta homokot (lehetőleg kvarchomokot), egy kb. félliteres fehér üveget (legjobb a téglatest alakú üvegkád). Végül a kristályok beszórására egy csipeszt, és védekezés érdekében védőszemüveget és gumikesztyűt. Az utóbbira azért van szükség, mert bizonyos fém sók (pl. a krómklorid és a nikkelszulfát) bőr-irritálók és bőrgyulladást okozhatnak.

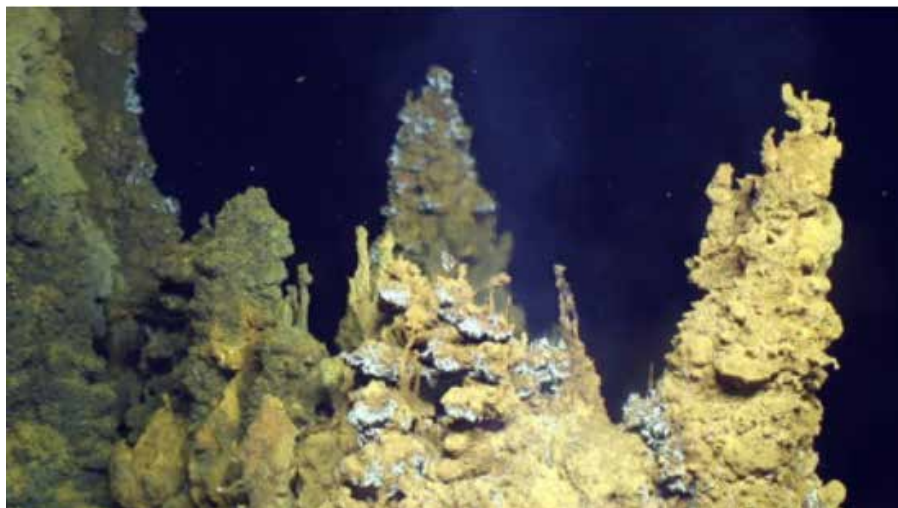
Ezek után helyezzünk el egy nagyjából 1 cm vastag, desztillált vízzel alaposan átmosott homokréteget az üvegedény alján (ez érdekesebbé teszi a kertet és meggátolja, hogy a keletkező 'növények' hozzátapadjanak az edény aljához), töltünk bele kb. 1 deci vízüveget és higítsuk fel 1:1 arányban desztillált vízzel. A fém só kristályokat csipesszel pottyantunk be az edénybe, esetleg egy üvegcsővön keresztül bevezetve, majd anélkül, hogy megráznánk az edényt hagyjuk magára. Eközben figyeljük a lassan növekvő 'növényeket'. Ha rövid időközönként egy-egy fotót készítünk, azokat



4. ábra. <https://www.thoughtco.com/top-chemistry-demonstrations-and-experiments-606313>



6. ábra. Chemical Gardens to Chemobionics. Chemical Reviews, 115, 8652–8703. doi:10.1021/acs.chemrev.5b00014



7. ábra. <https://www.mnn.com/earth-matters/wilderness-resources/blogs/luca-ancestor-microbe-hydrothermal-vents>

filmmé tudjuk megfelelő szoftverrel (pl. Windows Moviemaker) alakítani, hogy video formában tanulmányozhassuk a 'növények' felgyorsított növekedését.

Vajon mi a mechanizmusa e pompás külsejű formációk keletkezésének? Amikor a fémsókból oldhatatlan színes fémszilikátok képződnek, gélek alakulnak ki, amelyek külső rétegét félig áteresztő membránok alkotják, ezeken keresztül ozmózisos diffúzió útján víz jut a gélek belsejébe, mivel a belső ionkoncentráció nagyobb, mint a vízüveg oldatban. Egy idő után a belső nyomás felszakítja a membránt és a belső fémsó-oldat, amelynek sűrűsége kisebb, mint a külső oldaté, kiszabadulva felfelé igyekezve újabb membránokat alakítanak ki kombinált csőszerű formákban. Ez a folyamat aztután még többször ismétlődik és az eredmény egy bonyolult, kaotikus 'növény'. A folyamat tipikus nem-egyensúlyi önszerveződési mechanizmus, ami annyira hasonlít az életfolyamatokhoz, hogy a XIX. században a genetika ismerete és a modern paleontológiai eredmények előtt a földi élet eredetével próbálták kapcsolatba hozni. Látni fogjuk, hogy bizonyos értelemben a vegyész kertjének mégis van valami köze az élet eredetéhez.

Tekintettel a kémiai növénykert bonyolult kialakulására, a pusztá gyönyörködtetésen túl a vegyészek fantáziáját a mai napig lekötötte ezeknek a

kísérleteknek az elméleti háttere, ami közvetlenül kapcsolódik számos alapvető kémiai problémához. A következőkben kiragadunk néhány példát, persze a teljesség igénye nélkül, hiszen az idevágó irodalom eléggé széleskörű. A 6. ábra képein a súlytalanság állapotában növesztett 'növények' pásztázó elektronmikroszkópos képeit látjuk, kobalt, mangán és nikkellal szilikátok növesztésekor.

A cikk szerzői megalkották a kémiai brionika (chemobrionics) kifejezést és kezdeményeztek egy európai COST projektet ennek a területnek a kutatására. (COST Association COST Action CA17120). Ennek célja az európai kémikusok, fizikusok, biológusok, matematikai modellezők, anyagtudományi és nem-lineáris folyamatok kutatóinak együttműködését előmozdítani. Ezekről a kutatásokról azt várják ezen a kevésbé vizsgált területen, hogy a nem-lineáris önszerveződő és csapadék képződéssel járó folyamatokat gyakorlati felhasználási területeken aknázzák ki, elsősorban az anyagtudomány területén. Idevágó gyakorlati problémák pl. a Portland cement megkötési folyamatainak, vagy a vasrozsdára rétegek kialakulása finom részleteinek analizise.

Említettük már, hogy a kémiai kertek tanulmányozása bizonyos értelemben vezethet a földi élet keletkezésének jobb megismerésére is. Noha a XX. században

és napjainkban az élet szeretlenkémiai eredetének kutatása helyet adott a szerkes biokémiai és biológiai kutatásoknak, a mélytengeri vulkánikus képződményekben (hidrotermális kürtők) létrejött különleges faunák felfedezése új gondolatokat vetett fel az élet keletkezésével kapcsolatban. A hidrotermális kürtők növekedése párhuzamosságokat mutat a kémiai kertek keletkezésével (7. ábra), a csapadék képződéses önszerveződő folyamatokban. Ezért a kémiai brionikai kutatások segítséget nyújthatnak a kürtők kialakulása és a velük kapcsolatos speciális életfolyamatok vizsgálatához.

Ezen kívül a témakör igen alkalmas tudományos ismeretterjesztésre, sőt, összekapcsolhatja a tudományt a képzőművészetekkel is. A fenti COST projektnek ez is az egyik kifejezett célja. A projekt nyitott, ha valakit komolyan érdekel, társulhat hozzá!

**Nemes László**



#### KAPCSOLATOS IRODALOM:

- J.H.E. Cartwright, et al. *Phys.Chem.-Chem. Phys.* 13, 1030-1036 (2012)  
 J.H.E. Cartwright, et al. *J.Colloid Interface Science*, 256, 351-359 (2002)  
 M.J. Russell, et al. *J.Mol. Evol.* 39, 231-243 (1994)

Video:

Beautiful chemistry: Chemical Garden on Vimeo <https://vimeo.com/106809656>

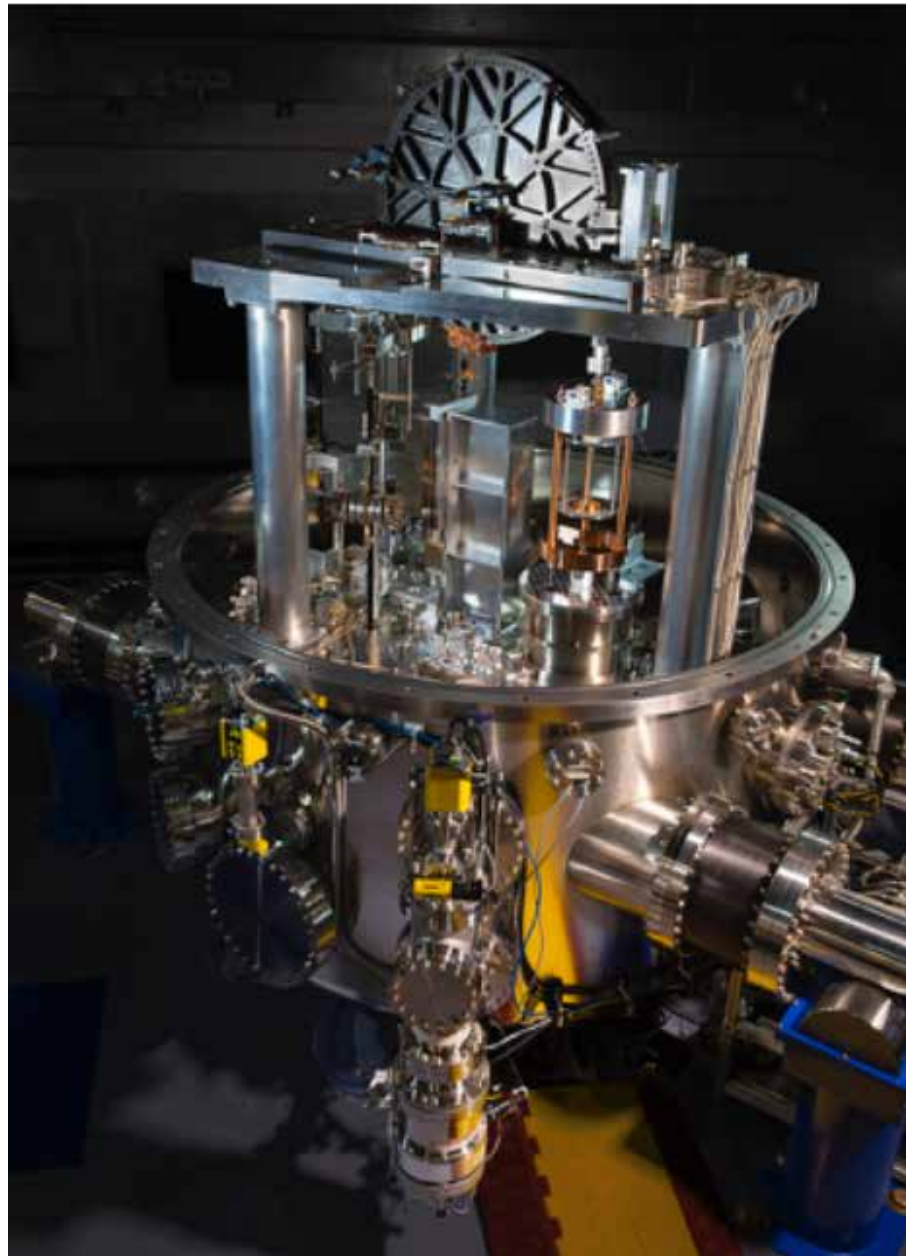


# Szervusz, kilogramm?

Van egy nemzetközi szervezet, a Súlyok és Mértékek Nemzetközi Irodája, BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) amelyen belül a tagállamok képviselői együttműködnek a mérésstudomány és a mértékegységek sztenderdjeinek kérdéseiben. Ez a testület 2018. novemberben tartotta 26-ik konferenciáját Versailles-ban, ahol 60 nemzet metrológus képviselői általános érvényű fizikai állandók alapján újra definiáltak négy alapegységet, a kilogrammot, az ampert, a Kelvint és a mól. Az új definíciók 2019-ben lépnek hatályba.

**A** változtatás célja az, hogy az alapegységeket stabilabbá tegyék, amelyek segítségével a kísérletezők pontosabb és rugalmasabb technikákat alakíthatnak ki az állandók átalakítására és a mértékegységek meghatározására. „Ez az új definíciók szépsége” modja Estefania de Mirandés, egy fizikus, a BIPM metrológusa. „Nem vagyunk többé egyetlen technikára korlátozva”. Ugyanakkor még e rejtélyes változtatások hívei is elismerik, hogy ezek megvadíthatják azokat, akik kevésbé jártasak a fizikai állandók világában. „Hogyan fogjuk megtanítani az embereket az új egységek használatára?” kérdi az NIST (az USA Sztenderdek és Technológiák Nemzeti Intézete, Gaithersburg, Maryland) fizikusa, Jon Pratt.

Az új SI (International System of Units) általánosítja azt a technikát, amivel a métert a fény sebességével határozták meg 1983-ban. Addig, ugyanis, a fény sebességét a függetlenül meghatározott méterrel (m) és másod-



**Az NIST-4 Kibble mérleg, ami a Planck állandót 13 ppb pontossággal mérte (2017) és elég pontos, hogy segítsen a kilogramm 2019-re tervezett újra-definiálásában.**

# ÚJ MÉRTÉKEGYSÉG-DEFINÍCIÓK

perccel (szekundum, s) mérték. Ekkor azonban a BIPM 17-ik kongresszusa a fénysebességet pontosan meghatározta: 299,792,458 m/s, és ezután a méter sztenderdből mérhető egységgé vált: a fény által 1 másodperc alatt megtett út 1/299,792,458-ad része. (A másodpercet már 1967-ben a cézium 133-as izotópjának mikrohullámú frekvenciája alapján definiálták.)

Az új SI most ugyanezt a játékot űzi a sorra kerülő egységekkel. A kg-ot például a Planck állandóból származtatja, ami a kvantummechanikában gyakran előfordul. A Planck állandó értékét pontosan meghatározták:

$6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}$ . Mivel a Planck állandó dimenziójában szerepel a kg, minden olyan mérés, amivel korábban a Planck állandót határozták meg, ezentúl a kg mérésére szolgálhat.

Csak ezek a kísérletek sokkal nehezebben kivitelezhetők, mint a fénysebesség mérése. Egy lehetséges módszer a Kibble mérleg használata, ami kissé emlékeztet a mítikus mérlegre, amit az Igazság szobra tart kezében.

Az egyik oldalon elhelyezett tömeget egy mágneses erőterben függő tekercs által létrehozott elektromos erő tartja egyensúlyban a másik oldalon. Az egyensúly eléréséhez áramnak kell

átfolyni a tekercsen. A kísérletezők a tömeget az átfolyó áram és egy független feszültség szorzatából származtatják, de a feszültség akkor jön létre, amikor eltávolítják a tömeget és a tekercset fel és le mozgatják a mágneses térben. Az igazi probléma az áram és a feszültség meghatározásában rejlik, amit a kvantummechanikai eszköz az elektron töltésével és a Planck állandóval tesz lehetővé. Miután az új SI rögzíti ezeket az értékeket, lehetséges a kilogram meghatározása, mondja James Olthoff az NIST fizikusa.

Az új bonyolult definíciók kétségbe kergetnek mindenkit, akinek nincs erős fizikai ismerete, mondja Gary Price, egy metrológus Sydney-ből aki az Ausztrál Nemzeti Sztenderdek Hivatalának tanácsadója. Szerinte az új SI nem teljesíti a mértékegységrendszer alapvető kritériumát: meghatározni a tömeget, amivel más tömeg mérhető, definiálni a hosszúságot, amivel a hossz mérhető és így tovább. „Az új SI sem súlyok, sem mértékek rendszere” Price szerint. Ha jóváhagyják, az új SI 2019. májusban lép hatályba.

Egy Kelvin fok jelenlegi definíciója a víz hármasponti hőmérsékletének 1/273,16-od része. Feltehetően a hőmérők továbbra is használatban maradnak és a Boltzmann állandó csak a fok defi-

nícióját fogja érinteni. Nem teljesen világos, miként akarhatják a molt újra definiálni az Avogadro szám alapján, hiszen a két fogalom szervesen összefügg. Ezért kémikusok részére e két fogalom definíciója nem sok vizet zavar.

Metrológusoknak azonban intuitív ötletei is voltak, mondja Olthoff. A kilogramot, ugyanis lehetne definiálni valamely atom nagyszámú együttesének összesített tömegével. Egy ilyen definíció – Olthoff szerint – nem lenne praktikus.

Újra gondolhatják a másodperc definícióját is. Metrológusok találhatnak pontosabb atomórákat, amelyek nagyobb frekvenciájú optikai sugárzást bocsátanak ki. Ezzel megteremthetik a másodperc pontosabb definícióját, mondja de Mirandés.

Végül, mi történjen a platina-irídium ötvözetből készült, 130 éve szolgáló sztenderd kilogrammal, amit a BIPM őriz Sévres-ben? Eddig 40 évente vetették elő, hogy hasonló súlyokat kalibráljanak a világ számára. „Megtartjuk, mint a tömeg másodlagos sztenderdjét” mondja de Mirandés.

Ezek szerint csak „lefokozták”!

A Science, 2018. november 9-i számában megjelent cikk alapján.

**Simonyi Miklós**

## AZ ÚJ SI JAVASLATAINAK GYŰJTEMÉNYE

### A MÉRTÉKEGYSÉGEK ÚJRA DEFINIÁLÁSA TERMÉSZETES FIZIKAI ÁLLANDÓK ALAPJÁN

MÉRTÉKEGYSÉG	MINŐSÉG	DEFINIÁLÓ ÁLLANDÓ
Kilogramm	Tömeg	Planck állandó
Méter	Sebesség	Fénysebesség
Másodperc	Idő	<sup>133</sup> Cézium sugárzási frekvencia Amper
Amper	Áram	Elektron töltése
Kelvin	Hőmérséklet	Boltzmann állandó
Mol	Anyag mennyiség	Avogadro állandó
Candela	Fényintenzitás	Fényerősség adott frekvencián



A *Gymnema sylvestre* (gurmar) egy szőlőszerű, lassan növő kúszónövény, amely trópusi erdőkben Közép- és Dél-Indiában, Sri Lankán és Afrikában is honos. Sárga virágai kicsik és ovális 2-6 cm hosszú levelei ellentétesen nőnek. A növény leveleit és kivonatait a hindu ayurvédikus alternatív gyógyászat több ezer éve használja különböző betegségek gyógyításához.

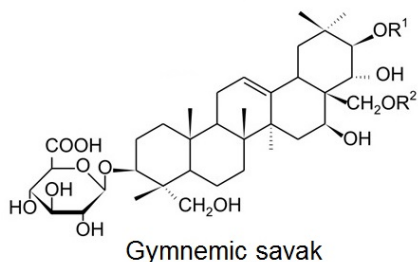
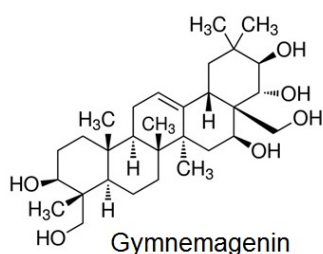
# GYMNEMA SYLVESTRE

**A** növény a cukor rombolójaként ismert, mert az ősi időkben megfigyelték, hogy ha a gymnema levelet fogyasztják, az elfedi a cukor édes ízét (lásd „Ízes molekulák” a magazin jelen számában). Indiában, Ausztráliában, Japánban és Vietnámban ma is használatos a népi gyógyászatban. Jelenleg a világhálós számos honlapja ajánlja a növény leveleinek különböző kivonatait vércukorszint csökkentésre, az asztma és mikrobi-

ológias gyulladások kezelésére, vizeletelhajtásra, testsúly csökkentésre és köhögés csillapításra is.

## A NÖVÉNY KÉMIAI ÖSSZETÉTELE

A növény leveleinek főbb molekuláris összetevői triterpenoid szaponinok, gymnemic savak és más savas glikozidok mellett, antrakinonok, flavonoidok, alkaloidok, tanninok és szteroidok. A levelek



tartalmaznak egy 35 aminosavból álló polipeptidet, gurmarint is. A levél kivonatok valószínű gyógyhatását és az édes ízt elnyomó hatását is, az oleanán vázas triterpenoid szaponinoknak, a gymnemic savaknak és a gurmarin peptidnek tulajdonítja a szakirodalom.

A szaponinok olyan glikozidok, melyek aglikonját szapogeninnek nevezik. Az aglikon a glikozil csoportokat hidrogénnel helyettesített vegyület. A szapogenin lehet vagy triterpénvázas, 30 szénatomos, rendszerint 4 vagy 5 kondenzált gyűrűt tartal-

mazó vegyület, vagy szterinvázas, 27 szénatomos, oxigént és/vagy nitrogént tartalmazó vegyület.

Több mint 20 gymnemic savat mutattak ki a levelek kivonataiban. A gymnemic savak triterpenoid glikozidok, aglikonjaik az oleanán vázas pentacyklusos triterpén gymnemagenin. Az aglikonhoz cukorokat, vagy savas cukrokat, például glükuronsavat és különböző észtercsoportokat illesztve (R1,R2) különböző gymnemic savakhoz juthatunk.

Érdekes megjegyezni a gymnema glikozidok rokonságát a ginzeng gyökérben található ginzenoszidokkal. A ginzenoszidok aglikonjai a dammarán vázas tetracyklusos triterpén protopanaxadiol és protopanaxatriol. (Kémiai Panoráma No18. Ginzeng gyökér).

## A NÖVÉNY ÖSSZETEVŐINEK GYÓGYHATÁSA

A szakirodalom számos közleménye foglalkozik a levelek kivonatainak antidiabetikus hatásával. In vitro vizsgálatokban és állatkísérletekben a kutatók úgy találták, hogy a *Gymnema sylvestre* leveleinek hatóanyagai hatásosak lehetnek a vércukorszint szabályozására, az I és II

típusú cukorbetegség kezelésére.

A cukorbetegség (Diabetes mellitus, dia-

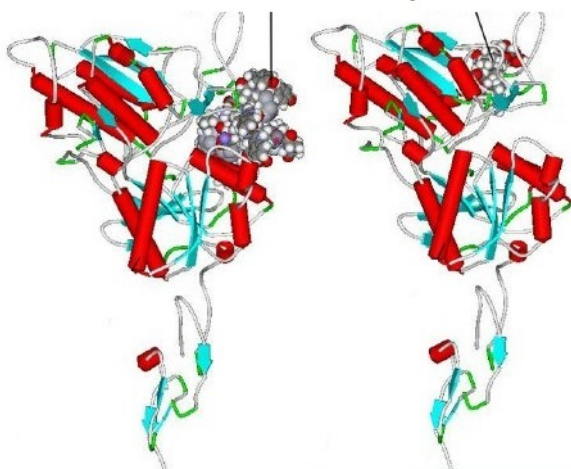
bétesz) olyan metabolikus rendellenességek csoportja, amelyek az inzulinkiválasztás, az inzulin hatás vagy mindkettő hibáiból eredő hiperglikémia (magas vércukorszint) jellemző. 1-es típusú a cukorbetegség, amelyben a hasnyálmirigy inzulin kiválasztása gyenge, ezt fiatalkori diabétesznek is nevezik. A 2-es típusú cukorbetegség esetében a sejtek nem képesek felismerni az inzulint a véráramban.

A növény hatóanyagainak hatásmechanizmusát tanulmányozva megállapították, hogy a *Gymnema sylvestre* leveleiből származó gymnemic savak és a gurmarin peptid hipoglikémiás (a vércukorszintjét csökkentő) hatásának két lehetséges útja van. Az egyik, az inzulinfüggő glükóz hasznosításáért felelős enzimaktivitás fokozása, a hasnyálmirigy inzulin kiválasztásának növelésével, a másik a molekulák kötődése a vékonybél Na<sup>+</sup>/glükóz szimporter transzportfehérje receptorjaihoz, megakadályozva ezzel a glükóz felszívódását a vékonybél hámsejtjein keresztül. A molekulák édes ízt gátló hatása is valószínű azzal magyarázható, hogy kapcsolódnak az ízlelő gumók íz receptoraihoz és ezzel blokkolják a cukormolekulák odajutását.

Bár meggyőző, jó minőségű randomizált humán klinikai kísérletek még hiányoznak, az előzetes humán kísérletek is valószínűsítik, hogy a gymnema kivonatok hatékonyak lehetnek az 1. és 2. típusú

Gurmarin

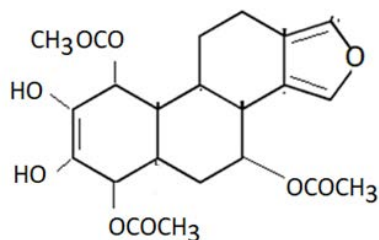
Gymnemic sav



A gurmarin és a gymnemic sav kötőhelyei az íz receptoron

Sivakumar S, Bharathy G  
Int. J. Res. Phytochem. Pharmacol., 2(4), 164-170 (2012)





## dihidrox gyymnemic triacetát

cukorbetegek glükóz szintjének kezelésére. A hagyományos gyógyszerterápiával kombinálva azonban, a glükóz szintet monitorozni kell a hipoglikémia fellépésének veszélye miatt. Ebben az esetben az egyidejűleg alkalmazott hipoglikémiás (a cukorszint csökkenését eredményező) gyógyszerek dózisének módosítása egészségügyi szakember felügyelete mellett történhet. Hipoglikémia előfordulhat nem cukorbetegéknél is a kivonatok túlzott fogyasztásakor. Klinikai evidencia van arra is, hogy a gymnema valószínűen antimikrobiális hatással is rendelkezik és hozzájárulhat a testsúly csökkentéséhez is. Az utóbbi években a kutatók a *Gymnema sylvestre* leveleiből izolált más kémiai összetevők gyógyhatását is vizsgálni kezdték. Az egyik ilyen összetevő a dihidrox gyymnema triacetát is, amely szintén antidiabetikus hatásúnak és potenciális kemopreventív szernek bizonyult a prosztata rák kezelésében in vitro és állatkísérletekben.

A meggyőző klinikai humán kísérletek hiánya az oka annak, hogy az amerikai

Természetes Gyógymódok Átfogó Adatbázisa szerint (2018. június) jelenleg nem áll rendelkezésre elegendő bizonyíték a hatékonyság objektív megítélésére (hatásos; valószínűen hatásos; lehetséges, hogy hatásos; vagy hatástalan), bár felsorolja a létező klinikai kísérletek eredményeit. A hatékonyság tudományosan megalapozott megítélésének hiányát a randomizált klinikai kísérletek kis száma és a klinikai kísérletekben használt eltérő összetételű kivonatok használata okozza. Nem folyták klinikai kísérletek a növény tisztá kémiai összetevőivel sem. Így például az in vitro és állatkísérletekben hatásosnak bizonyult gymnemic savakkal sem.

Az adatbázis felsorolja a lehetséges gyógyszer kölcsönhatásokat is, elsősorban a cukorszintet csökkentő gyógyszerek és a növény hatóanyagainak kölcsönhatását és megemlíti, hogy a gymnema megváltoztathatja a nem szteroid gyulladáscsökkentő gyógyszerek szintjét a vérben. Ilyenek például a diclofenac és ibuprofén tartalmú gyógyszerek is.

A gymnema kivonatok megfelelő dózisa függ a felhasználó életkorától, egészségtől és számos más körülménytől is. A dózist illetően csak korlátozott számú vizsgálatok léteznek. A cukorbetegségeket vizsgáló klinikai kísérletekben tipikusan napi 200 - 400 mg 25% gymnemic sav tartalmú kivonatot kaptak a betegek. A Természetes Gyógymódok Átfogó Adatbázisa szerint a *Gymnema* leveleinek

egy bizonyos kereskedelemben kapható kivonatát 20 hónapig napi kétszeri 200mg dózisban alkalmazva, a gyógyszer kölcsönhatásokat elkerülve, biztonságosnak bizonyult.

Napjainkban az elhízás és a cukorbetegség világszerte jelentős krónikus betegségek. A World Health Organization szerint 2016-ban 420 millió felnőtt cukorbeteg volt a világon. A cukorbetegség nemcsak halált okoz, de egyik fő oka a felnőttkori vakságnak, vese elégtelenségnek és a szívrohamoknak is. A gyógynövény összetevők (például a gymnemic savak) amelyek ősidők óta használatosak, nagy szerepet játsznak a fent említett betegségek kezelésében. Számos kutató jutott arra az következtetésre, hogy a *Gymnema sylvestre* hatóanyagai mellett, a kumarinok, flavonoidok, terpenoidok és más másodlagos növényi metabolitok, például az arginin és a glutaminsav is rendelkeznek antidiabetikus tulajdonságokkal. A cukorbetegség elleni hagyományos gyógymódok tudományos vizsgálata hasznosan járulhat hozzá a gyógyszerfejlesztéshez és a terápiás módszerek fejlesztéséhez.

**Kőszegi Lídia**

## IRODALOM

An Evidence-Based Systematic Review of *Gymnema Sylvestre*  
Catherine Ulbricht et al.  
*Journal of Dietary Supplements*, 8(3):311–330, (2011)

A systematic review of *Gymnema sylvestre* in obesity and diabetes management  
Rames Pothuraju et al.  
*Sci Food Agric*. 94, 834 – 840 (2014)

Molecular mechanism of interaction between human sweet taste receptors and antidiabetic agents of *Gymnema sylvestre*  
Sivakumar S., Bharathy G.  
*Int. J. Res. Phytochem. Pharmacol.*, 2(4), 164-170 (2012)

Effects of dihydroxy gymnemic triacetate (DGT) on expression of apoptosis associated proteins in human prostate cancer cell lines  
R. P. Nivedha et al.  
*Journal of Receptor and Signal Transduction Research* 35(6):1-8 (2015)

## Gurmar étel alapanyagként



# NEM CSAK TRÉFÁLT

Tavaly olyan kutató születésének jubileumára emlékezett a tudomány, aki, miközben részt vett a Manhattan-tervben, s a legbonyolultabb elméleti kérdések megválaszolásáért Nobel-díjat kapott, kitűnően értett a tudománykommunikációhoz, még egyetemi tankönyvnek szánt munkájából is bestseller lett.

**R**ichard Phillips Feynman 1918. május 11-én született New Yorkban, Lucille Phillips és Melville Arthur Feynman gyermekeként. A kereskedelmi ügynök Melville átadta fiának mohó kíváncsiságát a természettudomány iránt. A Far Rockawayben felnövő Feynman igen ügyesen javított rádiókat, írógépeket és oldott meg mindenféle fejtörőt. „Minden rejtvény, amit csak ismertek az emberek, utat talált hozzám – írta később. – Ismertem minden ostoba találos kérdést, amit kiagyalnak.” A kivételes matematikai és természettudományos képességű



Feynman zokon vette, hogy az iskolában más tárgyakat is kell tanulnia.

A Massachusetts Institute of Technologyban, ahova 1935-ben iratkozott be, megmutatkoztak rendkívüli matematikai képességei. Figyelemre méltó eljárásai szabályokat épített fel az elméleti fizika problémáinak megoldására, disszertációja, az *Erők és nyomások a molekulákban*, fontos előfutára a későbbi eredményeknek. Miután 1939-ben lediplomázott, átment Princetonba. A nukleáris fizikai kutatást vezető John Wheelerrel dolgozott, aki hamar felismerte Feynman képességeit. Doktorátusát 1942-ben *A legkisebb akció alapelve a kvantummechanikában* című disszertációjával szerezte meg. Húsz-egynéhány évesen máris Amerika egyik vezető elméleti fizikusának tekintették.

Meghívták, hogy dolgozzék az atom-bomba létrehozásán, és ő még Princetonban csatlakozott a Manhattan-tervhez. 1943-ban az új-mexikói Los Alamosba költözött, ahol a bombát elkészítették. Mély benyomást tett Hans Bethe-re, aki az egyik csoport vezetőjévé nevezte ki. Los Alamosban különféle egyedi technikákat dolgozott ki a kritikus tömeg neutrontdiffúziójával kapcsolatos bonyolult számítások elvégzésére. Neki kellett kiszámítania, mennyi hasadóanyagot lehet veszélytelenül egy helyen tárolni, és előadásokat tartott a bomba kifejlesztésének elméleti vonatkozásairól. A nagy robbanás „egyfajta lelkesedéssel töltött el, mert egész idő alatt nagyon keményen dolgoztunk, hogy ez a dolog jól működjön,



**Feynman emléket őrző dombormű a Caltechben**

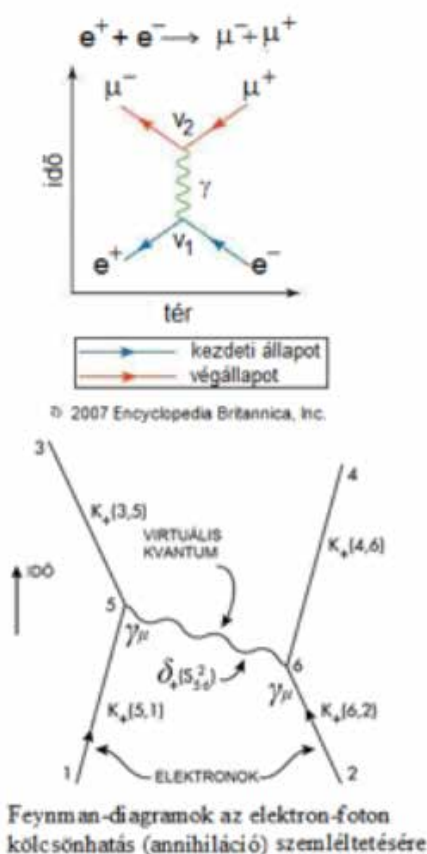
és nem voltunk egészen biztosak benne, hogyan is működik. Mindig volt bennem némi bizalmatlanság az elméleti számításokkal szemben, és noha ez a dolgom, sohasem vettem egészen biztosra, hogy a természet úgy működik, ahogy számításaink szerint működni kell. És tessék, itt az történt, amit a számításaink megjósoltak.”

1945-től a Cornellén – ahol Bethe tanársegédje volt – a kvantumelektrodinamika kötötte le a figyelmét, az ő revíziója volt a háború utáni fizika egyik legfontosabb fejleménye. Noha a létező elmélet nem volt rossz, ahogy Feynman magyarázta: „amikor az ember a választ akarta

”  
**Feynman módszere a legegyszerűbb és a legintuitívabb (...) az olyan problémák megoldására, ahol elemi részecskékről van szó.**  
 ”



# A TUDOMÁNNYAL



kiszámítani, bonyolult egyenletekbe bontott, amelyeket nagyon nehéz volt megoldani. Kiváló elsődleges becslést kaphatott, de amikor korrekciókkal akarta finomítani, végtelen mennyiségek kezdtek felbukkanni.” Például az elektron az előre megjósolt módon viselkedik az elektromágneses mezőben, de ennek kvantummechanikai fogalmakkal való magyarázatához a fotonok kibocsátásának és elnyelésének végtelen számára volt szükség. Ezeket a fotonokat „virtuális” részecskéknél nevezik, mivel az érzékszervek számára elérhetetlenek. Noha olyan nagyságok, mint Wolfgang Pauli és Werner Heisenberg számos erőfeszítéssel próbálták finomítani ezeket a számításokat, továbbra is lehetetlen eredményeket

kaptak annak ellenére, hogy az elmélet – amilyen a számítások alapultak – támadhatatlan maradt.

1951-ben Feynman átment a California Institute of Technologyra (Caltech), ahol a világ egyik legtermékenyebb elméleti fizikusa lett belőle. Teljesítményei közé tartozik a cseppfolyós hélium egy különös tulajdonságának ismertetése, mivel ez az anyag nagyon alacsony hőmérsékleten dacol a tömegvonzással. A „szuperfolyékonyság” magyarázata közben közel jutott az ezzel kapcsolatos szupravezetés megértéséhez, amelyet 1957-ben John Bardeen, Leon Cooper és J. R. Schrieffer tett világhosszá. Ezenkívül továbbfejlesztette a bétabomlás elméletét – mint „gyenge kölcsönhatást”, amelyet a radioaktív elemek fokozatos lebomlása példáz.

Feynman felismerése volt az is, hogy a részecskék közötti paritás megmaradásának, ill. meg-nem-maradásának törvénye – amire az ötvenes évek kísérletei is utaltak – rést üt a gyenge kölcsönhatáson. Ez elvezette őt ahhoz a felismeréshez, amelyet úgy írt le, hogy „az első és egyetlen pillanat volt pályafutásom során, amikor olyan természeti törvényt ismertem meg, amelyről senki más nem tudott.” Murray Gell-Mann-t, Feynman barátját és kollégáját, a Caltechben bosszantotta ez az önteltség, de azért ketten dolgozták ki 1958-ban *A Fermi-féle kölcsönhatások elmélete* címmel közzétett általános teóriát a gyenge kölcsönhatásról. Feynman ezen felül hozzájárult Gell-Mann

kvantumkromodinamikával kapcsolatos elméletének kifejlesztéséhez, amely az elemi részecskék belső szerkezetét írja le.

Feynman egyéni megközelítése egy sorozat ábrát alkalmazott (ezeket később Feynman-diagramnak nevezték el), amelyek lehetővé tették, hogy nyomon kövesse az elektronokat és fotonokat, valamint azok kölcsönhatását. Ezeket az alapvető történéseket írja le a kvantumelektrodinamika. A diagramok konkrétizálták az absztrakt számításokat, a számokat

„normalizálni” lehetett, a nem kívánt végtelen számok eltűntek. Az általa bevezetett „útintegrálón” a kvantumelektrodinamika teljes mértékben megújult, manapság a számítások elérik a figyelemre méltó  $10^9$  pontosságot. 1965-ben Feynman megkapta a fizikai Nobel-díjat Julian Schwingerrel és Sinicsiró Tomonagával együtt, akik nagyjából vele egy időben ugyanezzel a témával foglalkoztak. Feynman módszere a legegyszerűbb és a legintuitívabb, a diagramokat széles körben használják az olyan problémák megoldására, ahol elemi részecskékről van szó.

Feynman színes stílusú oktató volt, aki néha előadás közben bongón játszott, előadásai élénkek, humorosak voltak, ritkán vesztette szem elől a fizika általánosabb vonatkozásait. 1963-ban a Caltechben bevezető fizikatanfolyamot tartott, amelyet később *Feynman előadásai a fizikáról* címmel jelentetett meg, noha egyetemi tankönyvnek szánta, olyan eredeti munka volt, hogy a fizikai kutatások alapkönyveként használják. Laikus közönségnek szánt hatrészes sorozata, amelyet 1965-





**A Challenger űrsikló katasztrófája 1986-ban: a robbanás pillanata**  
[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Challenger\\_explosion.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Challenger_explosion.jpg)

ben adtak ki először, ízelítőt ad előadásainak stílusából, miközben bevezet a gravitációs erő fogalmába, megvilágítja a kapcsolatot a tudomány és a matematika között, szól az energiamegmaradás problémáiról, a szimmetria törvényeiről, valamint az entrópia fogalmáról. A 80-as években figyelmes hallgatóság előtt tartott könnyed előadásokat Kaliforniában. A nagyközönség előtt egy önéletrajzi írással vált ismertté, amelyből bestseller lett: *Tréfál, Feynman úr?* címmel adták ki 1985-ben.

1986-ban csatlakozott a Rogers Bizottsághoz, amelyet arra jelöltek ki, hogy megvizsgálja, miért robbant fel az Egyesült Államok *Challenger* űrsiklója. A személyzet hét tagja meghalt. Feynman az országos újságok címlapjára került, amikor a baleset fő okát abban vélte megtalálni, hogy a hidegben a gumitömítések törékennyé váltak. A meghallgatás egy drámai pillanatában egy anyagdarabot jeges vízbe dobott, hogy megmutassa, hogy hogyan veszíti el egy időre a rugalmasságát. A zárójelentés függelékében hevesen bírálta a NASA tudósaira és mérnökeire nehezedő bürokratikus nyomást. 1988-ban jelent meg részletes beszámolója a Rogers Bizottságban végzett munkájáról a *Mit törődsz vele, mit gondolnak mások?* című könyvében.

Sok más huszadik századi fizikushoz hasonlóan ő is ateista volt, akár az apja. Feldúlta, amikor egy rabbi ragaszkodott hozzá, hogy az apja temetésén felolvassa a kaddist. Később néhány olyan kijelentést tett a vallásról, amelyet egy kaliforniai tévéállomás cenzúrázott. „Nem hiszek



benne, hogy ez a fantasztikusan csodálatos világegyetem, az időnek és a térnek ez az elképesztő kiterjedése és a különböző állapotok, az összes bolygók meg az összes atom az összes mozgásfajtaival egyetemben, ez az egész bonyolult dolog pusztán színpad, hogy Isten figyelhesse, hogyan harcol az ember a jóért és a gonoszért, ahogy ezt a vallás látja. A színpad túl nagy a drámához képest.”

Háromszor nősült meg. Első felesége, Arlene Greenbaum 1945-ben halt meg tüdőbajban. Egy rövid második házasság után 1960-ban elvette feleségül Gweneth Howarthot, két gyerekük született. 1978-ban Feynmannál rákos daganatoknak egy különleges formáját diagnosztizáltak, amit sebészi úton eltávolítottak. Egy másik rákfajta, a limfocitákra ható makroglobulinémia 1986-ban bukkan fel szervezetében, nem sokkal ezután hasi

tumort találtak nála. Feynman hallani sem akart róla, hogy a kóros elváltozásoknak közük lenne a radioaktív sugárzáshoz, amely az atombombával folytatott munkálatok közben érte.

1988. február 15-én hunyt el.

**Ménes András – Krascsenits Zoltán**



#### IRODALOM:

1. Gallone, F. *On the Feynman-Gell-Mann Equation*, *Annals of physics*, 57, 65-78, 1970
2. Kumericky, K. *Feynman Diagrams for Beginners Adriatic School on Particle Physics and Physics Informatics*, 11–21 Sep 2001, Split, Croatia\_sm  
 A szerkesztőség köszönetet mond Mayer Istvánnak a kézirat olvasásakor tett megjegyzéseiért.



# AZ ÉLELMISZER-BIZTONSÁG KRITIKUS PONTJAI

Nagyon sok téves elképzeléssel ellentétben a termelők, gyártók és forgalmazók alapvető célja az élelmiszer-biztonság. Az élelmiszer-termelés folyamata nem rejt magában több veszélyt, mint bármely más technológiai folyamat. Egyrészt mindenki azt hiszi, hogy megfelelő előképzettség nélkül is tud biztonságos élelmiszert előállítani, másrészt a hivatásos előállítók legfontosabb érdekeltsége, hogy ezeket a veszélyeket a lehető legkisebbre csökkentsék (ALARA, „As Low As Reasonably Achievable”) [1].

**É**s valóban biztonságos, mert az élelmiszerek okozta megbetegedések messze az utolsók a sorban (az alkohol, drog, dohányzás, helytelen életmód stb. után). Például az Eurostat 2014-es adatai szerint Magyarországon (Európában sajnos messze vezető helyen) a májdaganat okozta halálozás 89,8 fő 100 000 lakosra vetítve. A szakemberek szerint ennek minimum 80%-át a túlzott alkoholfogyasztás okozza, tehát 10 millió lakosra számítva 7200 haláleset oka évente az alkohol, míg a mérgefgombafogyasztás évi 2-3 áldozatot szed. Sokan keverik az élelmiszer és a táplálkozás okozta megbetegedéseket, pedig ezt a tudomány világosan elkülöníti: biztonságos élelmiszerekkel is lehet egészségtelenül táplálkozni, viszont a nem biztonságos élelmiszerek fogyasztása biztosan kárt okoz. Minden táplálkozástudománnyal foglalkozó szakember int a drasztikus egyoldalú táplálkozástól (pl. a hosszú idejű káposztaleves-kúra garantáltan jójőeffektust okoz, nem beszélve a vegán vagy ketogén diétákról).

Az élelmiszerek előállítása és forgalmazása nagyon összetett folyamat, gondoljunk csak a növénytermesztésre vagy az állati termékek előállítására, a feldolgo-



zásra (tartósításra), csomagolásra, forgalmazásra és nem utolsósorban minden folyamat kémiai, fizikai, mikrobiológiai, genetikai stb. ellenőrzésére és szabályozására. A folyamat minden lépése potenciális veszélyeket rejt magában, amelyeket érdemes a teljesség igénye nélkül felsorolni és elemezni, de előre leszögezhető, hogy a folyamatok inkább túl-, mint alulszabályozottak és erőnkhez mérten ellen-

őrzöttek.

Az élelmiszer-termelés ebben a világban történik, ahol a termelő közeg tartalmazhat káros (egészségre toxikus) nyomelemeket, szerves komponenseket (poliklórozott bifenileket, policiklikus aromásokat vagy dioxinokat), káros mikroorganizmusokat, lehetnek radioaktív veszélyek, stb. Ezek azonban viszonylag ritkák

A fogyasztó már a szó hallatán is elret-

## BIO – PRÓ ÉS KONTRA

**Pró:** Az emberiségnek óvatosan kell bánnia a kemikáliákkal az élelmiszer-termelésnél, de az exponenciálisan növekvő lakosság élelmiszertel való ellátására a „bio” alacsony termelékenysége nem elegendő. Azonban ötvözve például a precíziós mezőgazdasággal (a termőhelyhez alkalmazkodó technológiák segítik a szakembereket a helyes döntések meghozatalában) kiváló és modern megoldás, mely elegendő jó minőségű élelmiszert termelhetne a Föld lakosságának ellátására.

**Kontra:** A bio viszonylag alacsony termelékenység mellett az engedélyezett vegyszerekkel, illetve a ki nem irtott kártevőkkel szennyezi a természetet és a fogyasztót, például az engedélyezett biotermelésnél:

- a 6 kg/ha réztartalmú gombaölő szer toxikus is lehet, akumulálódhat;
- a folyékony állati ürülék vagy istállótrágya lehet mikrobiológiailag fertőzött, és fertőzheti a terményt;
- a növények által termelt mérgek (toxikok) elterjedésének nagy a veszélye a biokultúrákban.

ten, pedig sok esetben nagyon kis koncentrációk (ppb, ppt) maximális megengedett értékét sok százezer kísérlet eredményeképpen évtizedes kutatások után állapítják meg. [2]

Az élelmiszer-termelés (még a bio is) használ vegyszereket, mert nem szeretnénk, ha a kártékony és szennyezett rovarok, gyomnövények, fertőzések, penészek és egyéb kártevők tönkretennék a termést, vagy beteg állatoktól származna a tojás, a tej vagy a hús. Ezért a korszerű mezőgazdaság szabályozottan növényvédőszerket és állatgyógyszereket használ. Ezek maradványait az élelmiszerekben nagyon szigorú törvények szabályozzák, és az egyedüli korszerű megoldás az, hogy ezeket az előírásokat a felhasználók betartsák (pl. permetezési idő és koncentráció). Szerinte a világon és Magyarországon is ezek foglalkoznak ennek ellenőrzésével, azonban az emberi felelőtlenség nem zárható ki. A fogyasztó-



tók között terjedő tévhitekkel (pl. a citrom héjáról a penészgátló növényvédőszer körömkéfével lemosható [3]) szemben egyedül a felelősségteljes termelés a megoldás. (A penészgátlómentes citrom héja vegyszermentes, de drágább, mert eltarthatósága rövidebb.)

Amióta az emberiség élelmiszert állít elő, azóta különböző módon tartósít (hiszen különben az étel megromlik – avasodik, bűdösödik, savanyodik stb.), és ehhez tartósítószerket (sót, füstöt, ecetet stb.) használt és használ [4]. Az élelmiszer-adalékanyagok nagy családjában az Európai Unió 1962 óta próbál rendet vágni – a színezékekkel kezdte –, és azóta egyre bővülő és változó sorukat az E-számok International Numbering System (INS) rendszere szerint csoportosítja. A felhasználható koncentrációt az EU-rendelet [4] határozza meg, illetve néhány esetben a „quantum santis” – „amennyi elegendő” – szabályát alkalmazzák a gyártók (senki sem venné a nagyon pirosat vagy a nagyon kéket). A fogyasztók teljes megtévesztése már gyermekkortól dívik: „Csak »E« ne legyen benne, mert bizonyított, hogy...

” Pedig logikátlan azt feltételezni, hogy az élelmiszer-gyártók olyan adalékanyagokat adnak a termékhez, amelyek az élelmiszer-biztonságot rontják. Az adalékanyagok használatához nagyon sok nemzetközi hatóság és felelős ellenőrző szerv engedélyre van szüksége.

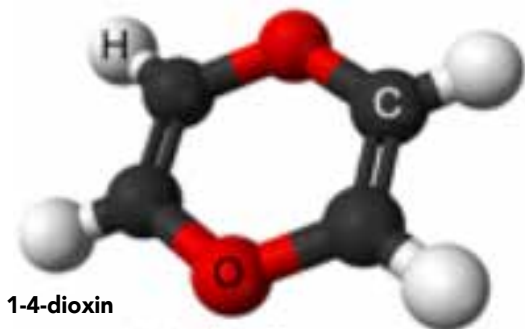
Az élelmiszer-biztonságban külön tanulmányt érdemelne a „természetes” versus „mesterséges” kérdésköre, gondoljunk csak például a gyűjtött és termesztett gyógynövények biztonságos voltára. Míg a gyűjtött vadgombákat szakértő vizsgálók minősítik, addig a gyűjtött gyógynövényeknél nem sokat tudunk a természetéről, a talajról, a tisztaságról, sokan arra

sincsenek kiképezve, hogy egy-egy növényt botanikailag vagy morfológiailag megkülönböztessenek más fajoktól. Sok esetben tudni kell, hogy a virág, a levél, a gyökér vagy a termés hatóanyagára van-e szükség. Külön szakismeretet követel a mérgező hatású gyógynövények gyűjtése. További bizonytalansági forrás a mosás, szárítás, aprítás, a főzési idő és a hőmérséklet. Hazánkban már voltak halált okozó tévedések, amikor például a medvehagyma levele helyett a toxikus glikozidokat és szaponinokat tartalmazó gyöngyvirág levelét fogyasztották.

Pedig csak meg kellett volna szagolni a leveleket! A medvehagyma levelének hagymaszaga van, a gyöngyvirágénak nincs.

Az áfonya kék bogyója összetéveszthető a kómát okozó boróka bogyójával, a foltos bürök izombénulást okozó levelei hasonlítanak a petrezselyemre, a felfelé álló gyalogbodza termése hasmenést, látászavarot okoz, és sorolhatnánk a hozzá nem értő „gyógynövénygyűjtés” áldozatait.

Az élelmiszer-gyártás során bizonyos komponensek kémiai összetétele megváltozik, és bár a bulvárlapok oldalain elrettentő ipari körülmények között működő gyártósorok szerepelnek, amelyek az élelmiszert beszennyezik, a valóságban az élelmiszer-gyártó sorok engedélyeztetése szigorúan ellenőrzött folyamat – a törvénytelen manufaktúrákat viszonylag gyorsan felszámolják, s csak a hírük marad utánuk. Sok a technológiai folyamatokkal kapcsolatos mendemonda, pedig a folyamatok általában egyértelműek: például sütéskor a baktériumok nagy része elpusztul, de a helytelen sütés hatá-



1-4-dioxin



sára a burgonyakeményítőből határértékhez kötött akrilamid keletkezhet. A csonthejasok cefréjéből (ha nem magoztuk ki) kioldódó hidrogén-cianidból az erjesztés során toxikus etil-karbamát keletkezhet, mely bizonyos frakciókból átjuthat a pálinkába. Az étkezési olajok magas hőmérsékletű kezelésekor helytelen technológiai körülmények mellett a 3-MCPD nevű, potenciálisan rákkeltő vegyület keletkezhet. Az ehhez hasonló részfolyamatokat az élelmiszeripar szabályozottan és tudatosan kezeli. Az élelmiszerek csomagolóanyagai sok esetben a fogyasztók felelőtlensége miatt szennyezik a környezetet. Itt kell megemlíteni, hogy máig nem tudott az élelmiszer-tudomány és a szabályozás toxikológiai szempontból korrektt álláspontot kidolgozni a beépített nanorészecskékről!

A növények maguk is állítanak elő mérgeket, több módon is. Vannak növények, amelyek közvetlen egészségkárosító hatású mérgeket tartalmaznak, és olyanok is, amelyek genotoxikus hatású mérgeket állítanak elő, mely hatás nem rögtön észlelhető. A mérgező gombákra már gyermekkorban felhívjuk a figyelmet, a mérgező bogycat jobban ismeri a vidéki ember, mint a városi. A mérgező gyomnövények ellen gyomirtó szerekkel védekezünk, viszont a biotermelésnél a magokhoz keveredett gyomnövény, a maszlag vagy csattanó maszlag (*Datura stramonium*) magja az elmúlt évek bioköleseit szkopolamin hallucinogénnel szennyezte.

Az étkezési mák (az ipari termesztése engedélyhez kötött) morfintartalma kimosással 48–80%-kal, őrléssel 23–34%-kal, sütéssel pedig 80–90%-kal csökken, de a mértéktelen mákostasztás evés enyhe mérgezéseket okozhat. Százával lehetne ilyen példákat sorolni, de az élelmiszer-biztonság általános megítélését nem ezek az esetek mozdítják előre vagy hátra.

A globális felmelegedés elősegítette a növényeken élő fonalas gombák által termelt mérgek, a mikotoxinok (sok száz fajtájuk ismert, de többségük genotoxikus) elterjedését. Ezek nagyon veszélyesek, sőt ma már azt is tudjuk,



hogy a növények az ismert toxinokat még el is rejthetik kémiaiilag (maszkolt és módosított toxinok).

A mikotoxikózis korunk egyik legveszélyesebb összetett betegsége, így jóval nagyobb hangsúlyt kellene fordítani a fonalas gombák biodegradációjára, a kutatásra és az ellenük való védekezésre.

Korunk másik, egyre szélesebb körben elterjedt, az élelmiszerek okozta betegség az ételallergia, amikor a valójában ártalmatlan élelmiszerek vagy komponen-



medvehagyma



gyöngyvirág

### AZ E-SZÁMOKRÓL

Az élelmiszer-adalékanyagok olyan anyagok, amelyeket önmagukban nem fogyasztanak élelmiszerként, de technológiai célból szándékosan az élelmiszerhez adják, például tartósításra. Az élelmiszer-adalékanyagoknak a felhasználás körülményei között biztonságosnak kell lenniük, használatukat technológiai szükségletnek kell indokolnia, továbbá használatuk nem vezetheti félre a fogyasztót, és a fogyasztó érdekét kell szolgálnia. Az élelmiszer-adalékanyagokra – mint sok egyéb élelmiszer-komponensre – címkézési kötelezettségek vonatkoznak. A törvény az élelmiszerekben használható élelmiszer-adalékanyagok uniós jegyzékét és felhasználási feltételeit 339 oldalon részletezi. A laikusok számára elrettentő hosszú szabályozás is azt igazolja, hogy a tartósító mérnök nagyon sok funkcionális csoporttal (E-számmal) dolgozik: édesítőszer, színezékek, tartósítószer, antioxidánsok, hordozók, étkezési savak, savanyúságot szabályozó anyagok, csomósodást gátló anyagok, habzsgátlók, tömegnövelő szerek, emulgeálószer, emulgeáló sók, szilárdító anyagok, ízfokozók, habosító szerek, zselésítő anyagok, fényezőanyagok, nedvesítőszer, módosított keményítők, csomagológázok, hajtógázok, térfogatnövelő szerek, kelátképző anyagok, stabilizátorok, sűrítőanyagok, lisztkezelő szerek. Az adalékanyagokról és felhasználásukról szóló rendeletet a kiadás után három évvel az Európai Bizottság a tudományos és gyakorlati tapasztalatok alapján módosította [5], és azt 177 oldalon újraszabályozva, rendkívül sok adalékanyagot bevonva, mások határértékeit megváltoztatva adta ki a máig érvényes szabályozást, amelyet azonban a különböző szakbizottságok ajánlásai alapján egy-egy adalékanyag esetében időközönként tovább módosít, követve a tudományok újabb és újabb megállapításait. Végül vannak az adalékok között természetes és mesterséges eredetűek. [4]

## AZ ÉLELMISZERKÖNYV

Magyarország, az Élelmiszeri és Mezőgazdasági Világszervezet (FAO) és az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által 1963-ban létrehozott Codex Alimentarius Bizottságnak megalapítása óta tagja, amely jelenleg 196 tagot (országot) számlál. A bizottság által kidolgozott dokumentumok összessége a Codex, ez szolgál a nemzetközi és nemzeti élelmiszer-szabályozás alapjául, és erre alapozva készült el, és a változásokat állandóan nyomon követve módosul a háromkötetes Magyar élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) is:

I. kötet: Az Európai Unió irányelveinek átvételével készült előírások és nemzeti termékelőírások;

II. kötet: A nemzetközi szervezetek ajánlásai és a hazai adottságok figyelembevételével készült ajánlott irányelvek;

III. kötet: Hivatalos Élelmiszer-vizsgálati Módszergyűjtemény.

A Magyar élelmiszerkönyv előírásait és irányelveit a 15 tagú Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság dolgozza ki. 1972 óta Magyarország elnöklő a 42 szakbizottság egyikét, az Analitikai és Mintavételi Módszerek Szakbizottságot, és vezeti a titkárságot.

seik ellen védekezik az immunrendszer, mert az adott anyagra túlérzékeny. A leggyakoribb a glutén- (liszt-), tej-, mogyoró- és tojásérzékenység, de számtalan ételallergia létezik, amelyek sokszor a hasonló tünetek miatt keverednek az ételintoleranciákkal (amikor az emésztés során bizonyos ételek nem képesek felszívódni, és az emésztetlen komponensek kóros immunreakciót váltanak ki), azonban ez a fogyasztó számára indifferens. (Ld. korábbi cikkünket a témában: Takács Krisztina: Gluténérzékenység, Kémiai Panoráma No19 – a Szerk.) A fogyasztó legegyszerűbben talán úgy tudja megkülönböztetni az allergiát az intoleranciától, hogy allergia esetén már nagyon kis mennyiségek-koncentrációk fogyasztása esetén, pillanatszerűen fellépnek az allergiás tünetek, míg intolerancia esetén a hatás lassú, koncentrációfüggő. Az Európai Közösség rendelete [7] szerint



áfonya



borokabogyó

az élelmiszerek címkéjén 2016. december 13. óta kötelező feltüntetni az ételekben található allergéneket is sok egyéb más információ mellett. Sokan okolják az élelmiszeripart allergiájuk miatt, pedig az életmód, a mozgáshiány, a pszichés gondok, az öröklődés, a környezet és még egy sor egyéb tényező lehet megbetegedéseik oka. Ha ezekre a kérdésekre a betegek válaszolnának, akkor az ételallergia vagy ételintolerancia egyszerűen kezelhető lenne.

Súlyosan károsíthatja a fogyasztó élelmiszer-biztonságát az élelmiszer-hamisítás, ha a hamisító toxikus komponenseket adagol az élelmiszerhez, [7] mert nyeresz kedni akar (vö. pl. a 2008-as melaminbotrány Kínában), vagy mert képzetlen (ólomtartalmú festéket adagoltak a pirospaprikába az erősebb színért 1994-ben, halálos metanolos pálinka miatti botrányok Magyarországon 2017-ben), és lejárt szavatossági idejű, mikrobiológiailag, kémiaileg vagy fizikailag szennyezett terméket kever az élelmiszerekbe. Azok az élelmiszer-hamisítások, amelyek a termelőt károsítják, mert termékük piacát rontják, bár az élelmiszerbiztonság hatóságai hamisításként kezelik, élelmiszer-biztonsági szempontból

nem feltétlenül ártalmasak. Azoknak az élelmiszer-hamisításoknak az esetében, amelyeknél a termék összetétele nem felel meg az előírásoknak, címkének stb. a hatóság jogosan büntet, hiszen a fogyasztó károsodhat. Erről szólnak a közelmúlt hangos mézbotrányai.

A témáról már 1896-ban így írt báró Ambrózy Béla: „Semmi féle terméket nem hamisítanak olyannyira, mint a mézet, mely annál alkalmasabb erre, mivel a fogyasztó közönség – dacára, hogy a hamisított méz rendszeres rossz minőségű – alig ismeri föl.” [8]

Az írás korábban megjelent a Magyar Tudományos Akadémia tudomány.hu honlapján: A szerkesztők köszönettel tartoznak a szerzőnek, a Szent István Egyetem Alkalmazott Kémiai Tanszéke professzorának és a Magyar Tudományos Akadémiának, hogy hozzájárultak az írás szerkesztett változatának a Kémiai Panoráma magazinban történő megjelenéséhez.

Fodor Péter



## IRODALOM

European Food Safety Authority (2013): 2012 Annual Report of the Harmonisation Network. EFSA supporting publication 2013: EN-489. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2013.EN-489>

A Bizottság 1881/2006/EK rendelete az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról

Magkos, F. – Arvanti, F. – Zampelos, A.: Organic Food: Buying More Safety or just Peace of Mind? A Critical Review of the Literature. Food Science and Nutrition, 2006, 46, 23–56.

Az Európai Parlament és Tanács 1333/2008/EK rendelete az élelmiszer-adalékanyagokról A Bizottság 1129/2011/EU rendelete az 1333/2008/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet II. mellékletének az élelmiszer-adalékanyagok uniós jegyzékének létrehozásával történő módosításáról

Az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról Akrilamid élelmiszerekben. <http://portal.nebih.gov.hu/-/akrilamid-elelmiszerekben> Báró Ambrózy Béla: A méh. Temesvár, 1896.



# GYÓGYÍTÓ ARANYTÓL A VEGYÉSZ ARANYIG

Az aranyról a legtöbb embernek nem a gyógyítás jut eszébe. Pedig Csapó Edit, a Szegedi Tudományegyetem egyetemi adjunktusa ilyen irányú kutatásaiért kapta meg nemrégiben a L'Oréal és az UNESCO „A nőkért és a tudományért” díját.

**A** fiatal szakember csoportjával azon dolgozik, hogy nemesfém tartalmú nanoméretű szenzorokkal derítsen fel kezdődő betegségeket az emberi szervezetben. Az Élet és Tudomány 2018 év végi portrébeszélgetéséből kiderült, hogy a Szegedi Tudományegyetemen Dékány Imre akadémikus által vezetett MTA-SZTE Szupramolekuláris és Nanoszerkezező

Anyagok Kutatócsoport tagjaként kezdte kutatói pályáját. A team Magyarországon az elsők között foglalkozott a nanoszerkezetű anyagokon belül a méretszabályozott nemesfém kolloidok fizikai-kémiai tulajdonságainak széleskörű feltérképezésével. A kutatási területet azóta szélesítették: Csapó Edit hét fős csoporttal közösen dolgozik a nanoméretű aranytar-

talmú anyagok minél több területen történő felhasználásának vizsgálatán. A nanométeres mérettartományba sorolható arany részecskék ugyanis kis méretüknél fogva nagy reaktivitást mutatnak, emellett jó elektromos, mágneses és egyedi optikai tulajdonsággal is rendelkeznek, így számos területen eredményesen felhasználhatóak.

Ilyen alkalmi terület lehet például a katalízis, orvosi diagnosztikai, szenzorika stb. Az elmúlt 2-3 évben kiemelt terület képez a katalizátorok fejlesztése mellett ezen anyagok optikai bioszenzorként történő felhasználásának vizsgálata. Csapó Edit és munkatársai olyan nanoméretű szenzorrendszerek előállításán dolgoznak, amelyek



Csapó Edit (középen, elől) és kutatócsoportja



## Képalá helye

alkalmasak lehetnek az emberi szervezet számára toxikus ionok vagy biomolekulák szelektív és gyors azonosítására. A biomolekulák közül elsősorban azokat tanulmányozzák, amelyek a központi idegrendszer betegségeivel hozhatók kapcsolatba. A sok embert érintő Huntington-kór vagy a szklerózis multiplex kutatása során igazolták, hogy ezen betegségek kialakulásakor bizonyos molekulák mennyisége az agyvízben és a vérszérumban megemelkedik a normál érték sokszorosára. Olyan szenzorok fejlesztésén dolgoznak tehát, amelyek ezeknek a molekuláknak a gyors és szelektív kimutatására szolgálhatnak. Ha az aranytartalmú fluoreszcens szenzoraik kölcsönhatásba kerülnek a detektálni kívánt célmolekulákkal, akkor a fluoreszcens szenzor „nem világít tovább”. Ez a rendszer egyfajta gyorsesztként működhet abból a célból, hogy melyik embertől vett mintát érdemes tovább vizsgálni és melyiket nem.

A szenzor még csak laboratóriumi körülmények között, lombikban működik, a vizsgált molekulákat pedig mesterségesen állítják elő vagy kereskedelmi forgalomból szerzik be. Olyan mérési körülményeket állítanak be, hogy a lehető legjobban

modellezzék az emberi szervezeten belüli kémiai környezetet. Ahhoz, hogy ez a szenzor vagy ennek továbbfejlesztett változata működjön a szervezeten belül is, még sok kísérlet és anyagi forrás szükséges.

Orvoskollégákkal folyamatosan együttműködve azon dolgoznak, hogy a szervezeten belül ezek az anyagok ne váltsanak ki mellékhatásokat, illetve a szervezetből történő eltávolításuk is megoldott legyen.

Nemrégben alakítottak ki olyan infrastrukturális hátteret, hogy immár emberi agyvízben is dolgozhatnak, jelenleg a szklerózis multiplex betegség területen vizsgálódnak – mondta el a hetilapnak a A nőkért és a tudományért díjjal elismert kutató. S hozzátette még: Közel 4 éve foglalkozik olyan molekuláris kölcsönhatások tanulmányozásával is, ahol megérteni szeretné, hogy egy gyógyszermolekula, ha bekerül az emberi szervezetbe, milyen fehérjékkel, enzimekkel vagy receptorokkal és hogyan lép kölcsönhatásba. Az eredmények főleg az idegtudományi kutatásokban releváns rendszerek molekuláris mechanizmusának alaposabb megértéséhez járulnak hozzá.

Az Arany-émlékév fontos természettudomány-történeti adalékokkal is szolgált. Az Élet és Tudományban egy ilyen példát dolgozott fel Próder István művelődéstörténész. Úgy fogalmazott: a vegyészet Magyarországon a XIX. század első felében még tudományos alapjainak formálásánál tartott. A kémiának nálunk még nem volt kialakult nyelve, hiányoztak oktatásának feltételei. Viszont ez az időszak a minden iránt érdeklődő tehetségek korszaka, akik között Arany János egyike a legkiemelkedőbbeknek.

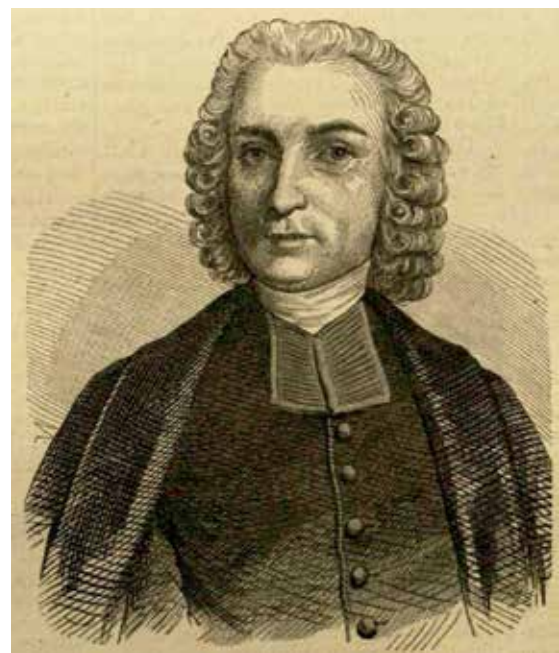
A természet adta tehetség kiteljesedéséhez számtalan tényező járul hozzá. Ezek közé tartozik a tudás, az olvasottság is. Tudjuk, hogy Arany kora gyermekkorától kezdve rengeteget olvasott; Gyulai Pálnak küldött önéletrajzában írja: „minden könyvet, ami kezem ügyébe került mohó vágygal emésztettem fel.”

Olvasmányai között természettudományos, köztük kémiai jellegű írások is voltak – vonja le a következtetést a cikk szerzője. Ezek Arany János költeményeiben is megjelentek. 1808-ban adták ki például Varga

Márton különlegesen szép című könyvét „A Gyönyörű Természet’ Tudományát”, amelyben a szerző meghatározza a kémia helyét a természettudományokban: „A’ Chemia a’ természet’ Tudományával feloldhatatlan szoros atyafiságban vann és egy legnemesebb részét teszi”.

Arany János „Hatvani” című költeménye egy csodás kísérletekkel teli tanórával és annak babonás, misztikus hátterével foglalkozik. Az „ördögös professzorról” szóló Hatvani-legendák érdekessége felkeltette a költő figyelmét, de ő a diákos, csúfolódós formát választotta. A történetben a Gonosz felveszi Hatvani alakját és a „tudós tanár” helyett ő tart órát a „titkos borzalomtul” meghatott hallgatóságának. Mesterkedése azonban lelepleződik és a tudós visszaveszi helyét a katedrán. A Faustszerű történet a fantáziadús leírás mellett alkalmas arra, hogy a verssorokba olvasmányai alapján olyan ismereteket csempésszen, amelyekkel tudománytörténészek foglalkoznak. A költő úgy rejti el a versben tudásának kincseit, hogy azokkal továbbgondolkodásra sarkallja az olvasót.

Az alkimisták Empedoklész majd



## Képalá helye

Arisztotelész elképzelése nyomán úgy vélték, hogy a négy alapvető elem (föld, víz, levegő, tűz) mennyiségi arányának megváltoztatásával és a négy alaptulajdonság (hideg, meleg, száraz, nedves) kombinálásával az anyagok átalakíthatók és a „kevésbé nemes” anyagokból a „nemesebb anyagok”, így az arany is előállítható.

„Mi sors vár rád a csillagokban,  
A csíziónál tudja jobban,  
Bölcsék kövét régóta bírja,  
Nap- és holdfogyatkozást megírja.”

Az alkimisták által kutatott „bölcsek köve” három dologra képes: bölcsé tesz, segítségével a fémek arannyá változtathatók és meghosszabbítja az életet. A mellékelt szimbolikus rajz szerint a „bölcsek köve” hatására a „Párkák” hosszabbra fonják az élet fonalát.

„Az asztalon pedig halommal  
Egy gólyalábu cirkalommal  
Sötét, kormos edények állnak:  
Eszközi bűvös mágyiának.

Ott serpenyő, ott szerteszéyel  
Kisebb-nagyobb szelence, tégely,  
Üvegcső, lombik és retorta...  
Tán a – majd megmondám ki hordta!”

A tanári asztal valójában egy kémiai/alkimista laboratórium, annak eszközeivel. Az alkimisták kísérleteiket ősi laboratóriumokban végezték, elkészítették számtalan mai eszköz (lombik, hűtő, desztilláló stb.) elődjét, előállították az ásványi savakat, de elképzeléseiket nem tudták megvalósítani. Ma már tudjuk, hogy a különböző elemek atommagjai tényleg ugyanazokból az összetevőkből: protonokból és neutronokból állnak, ezeket lehet kombinálni. Így például radioaktív arany is előállítható atomreaktorokban – igen drágán. A „gólyalábu cirkalom” (körző) rajza pedig gyakran szerepel a szabadkőmíves jelképeken. A középkor alkimistái után még a XVII. és XVIII századi szabadkőmíves páholyok tagjai közül is sokan kísérleteztek az aranycsinálással.

„Melletők egy magasabb állvány,  
Fából csinált rezes nagy bálvány,  
Üvegtányérral, mint malomkő:  
S ha hozzá érsz, megíti a mennykő.”

A versrészlet a sztatikus elektromosságot fejlesztő dörzselektromos gép érzékletes leírása. Az első ilyen gépet Otto von Guericke a technikát kedvelő magdeburgi polgármester készítette. Az ő szerkezetében még egy nagy kengolyót forgattak, majd tökéletesítések után alakult ki az üvegorongos, később két üvegorongos berendezés.

„Ha tigris a medvét lebírja,  
(Mikép Albertus Magnus írja,  
Vagyis ha két érc egybeolvad)  
Hogy áll elő más oktalan vad?”

A versszak felveti a kémia egyik nagy kérdését: hogy mely anyagok képesek reagálni egymással. A kérdést az alkimisták szokásos módján, az anyagok szimbolikus megjelenítésével: a tigris és a medve párviadalával szemlélteti. Arany János utal Albertus Magnusra, Aquinói Szent Tamás tanítómesterére, aki először írta le az „affinitás” fogalmát. A „két érc egybeolvad” kifejezés jelentheti két ősi „princípium” (higany és kén) egyesülését, amelyekből egyes alkimista nézetek szerint a fémek keletkeznek. A kifejezésnek más jelentése is lehet: a középkorban is gyakran használt, az aranyhoz hasonló sárgaréz (aurichalcum) előállítására. Ennek legjobb leírása Albertus Magnustól származik. A sárgaréz egy réz-cink ötvözet, 20-40% cinktartalommal. Albertus korában a fém cinket még nem tudták előállítani, helyette egy „kadmeia” elnevezésű cinkércel (cink-karbonát tartalmú ásvány) végezték a réz ötvözését.

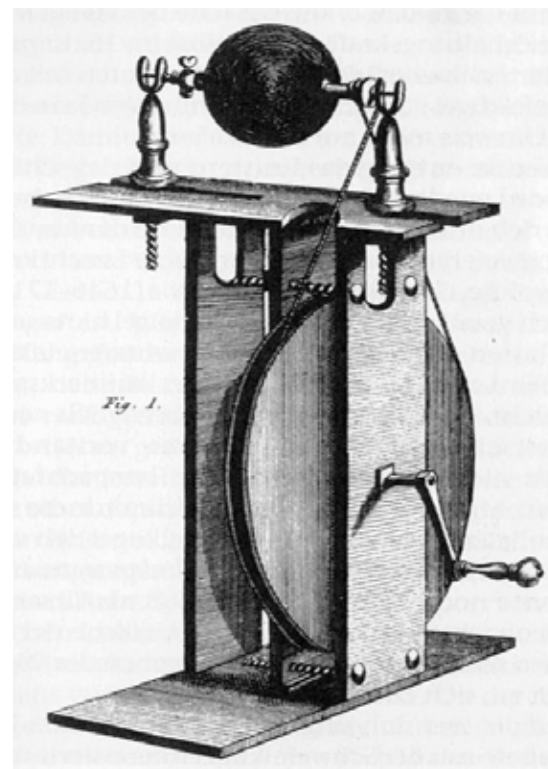
Albertus Magnus volt az első jelentős skolasztikus tudós, teológus, filozófus. Arra törekedett, hogy Arisztotelész filozófiáját átültesse a kereszténységbe. Tanár volt a párizsi egyetemen, Regensburgban püspök, tanított Kölnben is, bejárta Itáliát. Könyvet írt a növényekről, az állatokról és az ásványokról.

„Mind e csodát kifejti bőven  
S mutatja tűzön, serpenyőben;  
Sok görbe szám s ABRAKADABRA  
Firkáitól hemzseg a tábla.”

Az alkimisták, különleges, gyakran nem egyértelmű jelekkel, jelrendszerrel ábrázolták az elemeket, kémiai folyamatokat. Az alkímiai jelek később a kémiai egyenletekbe is bekerültek, amelyeket elsőként Torbern Bergman (1735-1784) svéd tudós alkalmazott. Csak ezek után alakult ki a kémia mai ábrázolásmódja.

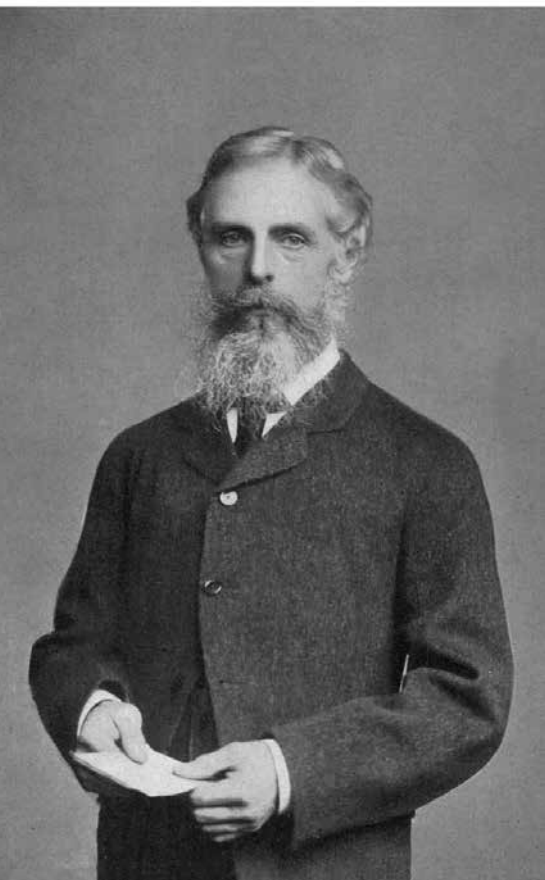
Az Élet és Tudomány cikkének a szerzője úgy zárja gondolatait: Arany János Hatvani című költeményében egy tanóra keretében mutatja be a tudós professzort ördögösként feltüntető legendákat. A vers utolsó sorai azonban utalnak arra, hogy mindez csak játék, mese és a legendák helyett izgalmasabb a professzor igazi alakja, aki mindent megtesz tanítványai okulásáért:

„S mi a természet zára, nyitja?  
Isten dicsőségül tanítja.”



Dörzselektromos gép (Forrás: Élet és Tudomány hetilap)

## SZÁZ ÉVE HUNYT EL



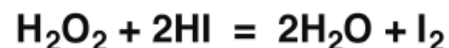
Neki köszönhetjük a reakciósebességek tudományának, a reakciókinetikának a megalapozását

**A**ugustus George Vernon-Harcourt (röviden Harcourt) 1834. december 24-én született Vernon-Harcourt admirális és Marica Tollemache idősebb gyermekeként, anyai nagyapja a yorki érsek volt. Ennek megfelelően kiváló oktatásban volt része, az oxfordi Balliol College 1854-ben vette fel hallgatói közé. A Balliol (a legrégebbi College Oxfordban és az egész angolnyelvű világban) akkoriban indította kémiai oktatását Henry Smith kinevezésével, akit Dr.

Hofmannhoz küldtek „továbbképzésre”. Két pincehelyiséget alakítottak át laborrá, ahol Smith két diákjával, Montgomerievel és Harcourttal látott munkához [1]. Rövidesen új professzor érkezett, Sir Benjamin Collins Brodie (Bunsen tanítványa), aki Harcourtot fogadta segédjéül. Eleinte peroxo-savakkal, valamint a grafit oxidációjával kísérleteztek, majd a lúgos peroxidok redukáló hatását írták le. Ekkor említették először az oxigéngáz kétatomos létét [2].

Amikor Sir Brodie-val együtt új munkakörbe kerültek, Harcourtra a hallgatói laborok irányítását bízta. Első diákjainak egyike a walesi herceg, a későbbi VII. Eduard király. Az oktatással párhuzamosan kísérletezett: nitrogénatmoszféra alatt olvasztott káliumra és nátriumra levegőt

engedett, és megfigyelte a beálló változásokat. 1859-ben nevezték ki a Christ Church előadójává, kutatásait azonban csak pár év kihagyás után folytatta. A kor szokásaival ellentétben őt a reakciók lejárásódása jobban érdekelte, mint a reakció termékei. Szerette volna megállapítani, hogyan függ össze a reaktánsok fogyása azok koncentrációjával, de ehhez matematikus segítségre volt szüksége. Harcourt és barátja, a fiatal matematikus tanár William Esson (Oxford, Merton College) közös munkája alapozta meg a reakciókinetika törvényeit és – Berthelot és Guldberg kutatásai mellett – hozzájárult a tömeghatás törvényének kvantitatív bizonyításához.



„A sebességi állandó nem elméleti megfontolás eredménye, hanem kísérleti tapasztalat”

# VERNON-HARCOURT

Harcourt első kísérleteiben oxálsav és kálium-permanganát reakcióját követte savas közegben. Megfigyelte, hogy a változás sebessége arányos a képződött mangán-szulfát mennyiségével, de a maximumot elérve újra csökken. Ezután Harcourt kevésbé komplikált reakciót választott: hidrogén-peroxid jelenlétében vizsgálta hidrogén-jodid jóddá alakulását.

Különböző koncentrációjú hidrogénperoxid oldatokat készített és az elreagálás idejét úgy mérte, hogy a képződő jód (amit a keményítőtartalmú oldat kék színnel jelzett) tioszulfát oldat csepegtetésével jodiddá alakította vissza. Ezzel a módszerrel a reakció alatt a jodid ion koncentrációját állandó értéken tartotta. A reakció végét az utolsó csepp tioszulfát adagolása jelezte, ami után a kék szín már nem tért vissza. A mért reakcióidőket a hidrogénperoxid bemért koncentrációjának függvényében ábrázolta. Esson a nagyszámú kezdeti koncentráció – reakcióidő értékpárból a pillanatnyi koncentráció időtől való függésére következtetett. Közös dolgozatukban a következő megállapításokat tették:

A koncentráció ( $y$ ) az idő ( $t$ ) függvényében a következő egyenlet szerint változik:

$$y = ae^{-\alpha t}$$

ahol a a hidrogénperoxid kezdeti ( $t = 0$  –hoz tartozó) koncentrációja, és  $\alpha$  értéke független az időtől. Az egyenlet idő szerinti deriváltja:

$$\frac{dy}{dt} = -\alpha y$$

vagyis a koncentráció időbeli fogyása csak az időben változó koncentráció pillanatnyi értékétől függ. A mechanikai ana-

lógia miatt az utóbbi egyenletet a kémiai változás *sebességének* nevezték el, az  $\alpha$  értéket pedig sebességi állandónak. A sebességi állandó tehát nem elméleti megfontolás eredménye, hanem kísérleti tapasztalat. A konstans a reaktáns időegység alatt átalakuló hányadát adja meg.

Harcourt precíz módszerének hála, a jó szabályos időközönként tűnik fel, így bizonyítható, hogy a reakció sebessége azonos körülmények között állandó, és csak a reagáló anyagok mennyiségétől függ.

Az évek során összegyűlt tapasztalatok nyomán Harcourt meggyőződésévé vált, hogy a kémiai reakciók a mechanika törvényei szerint működnek, és gyakran kritikusan nyilvánult meg Bunsen „kémiai indukciós” iskolájával szemben. Egész életében kardoskodott a bomlás és a disszociáció megkülönböztetése ellen.

Álláspontját azzal a hasonlattal indokolta, hogy ha valaki vonatjegyet vesz, mindegy, hogy az retúr vagy csak egy útra szól, attól még ugyanazt az utat fogja végigjárni. A Christ Church-i éve alatt sokat tett a kémiai iskola fejlesztéséért, erőt nem kímélve feszegette a jelentős tudományos kérdéseket, türelmesen javította a legapróbb hibákat és szembeszállt akár a legnagyobb tekintélyekkel is. Megházasodott, H. A. Bruce belügyminiszter lányát vette feleségül, akivel Cowley Gange nevű otthonukban éltek boldog házasságban. Két fiúk és nyolc lányuk született (!).

1872-ben a londoni gázellátás egyenletes minőségének biztosítására bizottságot állítottak fel, aminek Harcourt is tagja volt. Azt a feladatot kapta, hogy a városi gáz minőségét ellenőrizze, és találjon megoldást a szennyezők korlátozására. Módszert dolgozott ki a kéntelenítésre, azután pentánlámpát tervezett, amelyet hosszú időn át standardként alkalmaztak világítások fényintenzitásának méréséhez [4]. Másik nevezetes találmánya a kloro-

form biztonságos aneszteziológiai adagolására szolgáló inhaláló készülék, amelyen több mint tíz évig dolgozott [5].

Időközben a Kémiai Társaság titkára (1865-1873), majd elnöke (1895), Oxford, McGill és Durham tiszteletbeli doktora volt. Klasszikus irodalmi műveltsége pártját ritkította, és vérbeli gentleman-ként az egyetemi sportéletben is aktívan részt vett.

1912-ben, 47 évvel a kémiai kinetika sebességi törvényeit megállapító úttörő munkájuk után Essonnal ismét együttműködtek: a sebesség hőmérséklettől való függéséből közelítő értéket adtak az abszolút nulla fokra, vagyis arra a hőmérsékletre, ahol a reakciók leállnak.

Harcourt boldog élete 1919. augusztus 23-án ért véget. A jódóra reakciót [6], amelynek ma több változata is ismert, az ő és kollégája tiszteletére gyakran Harcourt-Esson reakcióként említik.

Ménes András



## IRODALOMJEGYZÉK

- llegory: A. V. Harcourt and White king. J. Chem. Education, 60, 177-180.
- Shorter, J. (1980): A. G. V. Harcourt, J. Chem. Education, 57, 411-416.
  - Harcourt, A.V., Esson, W. (1866): Philosophical Transactions Roy. Soc. 156, 193, 157, 117.
  - Harcourt, A. V. (1899): The Ten-Candle Standard Lamp. In. Cole, T.: Transactions, London, E & F. N. Spon Ltd. pp. 106-111.
  - Buxton, D. W. (1914): Anaesthetics: Their Uses and Administration (4. ed.) Philadelphia: Blakiston's Son & Co.
  - <http://kemia.ttk.pte.hu/pages/fizkem/oktatas/FK3-labor/jodora.pd>

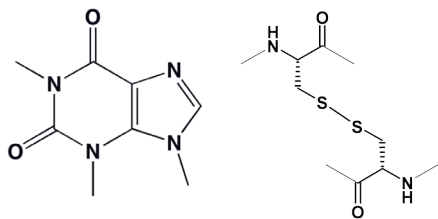
# Módosított élelmiszerek

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

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

## Kérnék egy jó gyenge feketét!

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



Koffein

Diszulfid híd (cisztin)



Etilalkohol



Ínyencség,  
csokoládéval  
bevont  
kávészemek

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

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

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

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



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

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

### Nem száll a fejünkbe

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Erjed a sör



### A gabonaszemek tartaléka

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



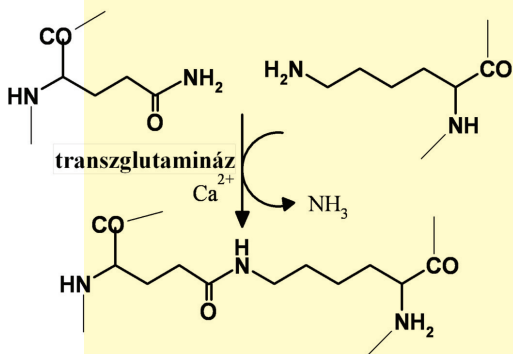
**Újrasütve a többnapos kenyeret az állaga szinte olyan lesz, mint frissen. A kenyér megkeményedésében nemcsak a vízvesztés játszik szerepet, hanem a benne lévő keményítő (amilopektin) átkristályosodása is, ami újabb áthévitessel visszafordítható.**

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

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

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

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



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

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

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

## Tejes étel laktóz nélkül

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

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

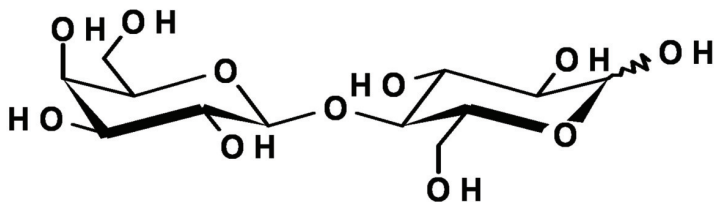
nőttkori laktózérzékenység Észak-Európának csupán 5%-át érinti, de Afrikában, Dél-Amerikában, Grönlandon, valamint Kelet- és Délkelet-Ázsiában a felnőtteknek több, mint 70%-a él együtt ezzel a betegséggel. Ezek a területeken nem jellemző az édes tej fogyasztása.

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

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



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



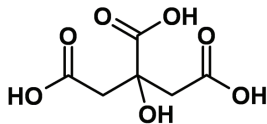
$\beta$ -D-galaktopiranozil -

D-glükóz

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

## Fanyar gyümölcsök, enyhe gyümölcslevek

A rostos gyümölcslevek közül a citrusfélékből készült italok dobozain gyakran olvashatjuk a savmentességre utaló enyhe (mild) jelzöt. A savanyúság egyszerűen szabályozható a – csontokat is erősítő – kalcium bázikus vegyü-



### Citromsav

leteinek ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ) adagolásával.

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

A savasság csökkentésében eredményes kísérleteket végeznek az ioncserén alapuló

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

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

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

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

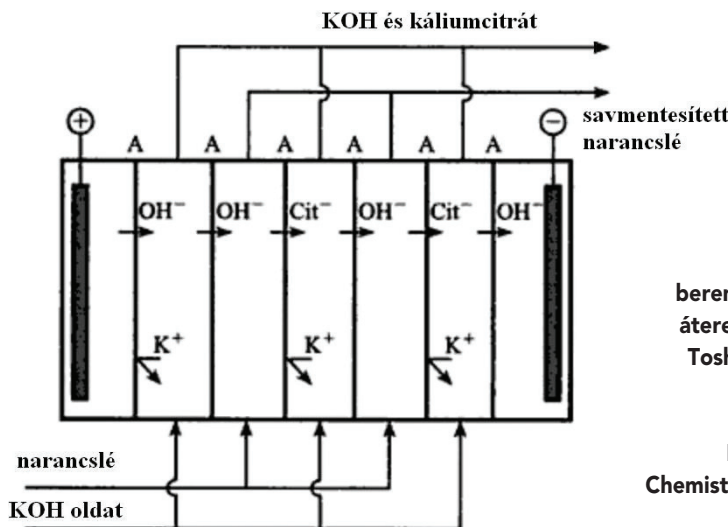
Kémiai és technológiai ismeretek alkalmazásával tehát elérhetővé tehetők különböző élelmiszerek azok számára is, akik azokat eredeti formájukban nem fogyaszthatják.

Mizsei Réka

A szerző írása korábban megjelent 2011-ben a magazin 5. számában .

## \* Olvasnivalók

1. *Journal of Food Engineering European Food Research and Technology*
2. *Extraction of Natural Products using Near-Critical Solvents King, M.B.; Bott, T.R. (Eds.), Springer, 1993, ISBN: 978-0-7514-0069-4*
3. *A Short History of the Art of Distillation R. J. Forbes, White Mule Press, 2009, ISBN: 0982405545 http://www.klauzal.hu/cikk/379.html*
4. Takács Krisztina, *Glutén érzékenység Kémiai Panoráma, No19, 2018*



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

## Kémiai Panoráma

Felelős kiadó és főszerkesztő:

Pálinkás Gábor

Kiadja az MTA Természettudományi

Kutatóközpont

Kapcsolat: 1117 Budapest,

Magyar tudósok körútja 2.

e-mail: [panorama@chemres.hu](mailto:panorama@chemres.hu)

Tördelés-képszerkesztés: Horák Ferenc

Szakmai tanácsadó: Gózon Ákos

Honlap: [www.kemiaipanorama.hu](http://www.kemiaipanorama.hu)

