

Braun Tibor

**A szerelem molekulái**



Braun Tibor

# A szerelem molekulái

*Multidiszciplináris kémiai egyveleg*



**TYPOTEX**

A könyv a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.



© Braun Tibor, Typotex, Budapest, 2021  
Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

ISBN 978-963-493-131-7

Kedves Olvasó!  
Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!  
Újabb kiadványainkról és akcióinkról a [www.typotex.hu](http://www.typotex.hu)  
és a [facebook.com/typotexkiado](https://facebook.com/typotexkiado) oldalakon értesülhet.

Typotex Kiadó  
Alapította Votisky Zsuzsa, 1989  
A kiadó az 1795-ben alapított  
Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.  
Felelős kiadó: Németh Kinga  
Főszerkesztő: Horváth Balázs  
Felelős szerkesztő: Kovács Zoltán  
A tárgymutatót készítette: Buzás Ilona  
Tördelőszerkesztő: Jankovics Milán  
Borítóterv: Braun András  
Nyomta és kötötte: Generál Nyomda Kft., Szeged  
Felelős vezető: Hunya Ágnes

## Tartalom

Előszó – <i>Keglevich György</i>	9
A szerző előszava	11
Köszönetnyilvánítás	12
A MEGÚJULÁS VARÁZSA	13
A szerelem molekulái	
<i>Szemelvények a személyi érzelmek kémiájából</i>	15
Lenyűgöző ionos folyadékok	
<i>A szakirodalom exponenciális növekedése</i>	21
Úrlifttel a csillagokig	
<i>A 35 000 km-es nanocsőkábelre várva</i>	35
Fullerénkutatás mint címlaphír a <i>Nature</i> borítóján	45
A fullerén-paradoxon	49
GASZTROKÉMIA	57
Hangok és ízek	
<i>Gioachino Rossini és a gasztronómia</i>	59
Borrá oldott molekulák	
<i>Ismeret-erjesztés a szőlőhegy mögül</i>	67
Lombikból az étkezőasztalra	
<i>Szjettenyésztett hús állati hús helyettesítésére</i>	74
Szemelvények a sajt készítés gasztrokémiájából	85

TÖRVÉNY ÉS REMÉNY	95
A remény apoteózis: szupravezetés szobahőmérsékleten <i>Gyémántsatuval a „Szent Grál-vegyület” nyomában</i>	97
A földi élet átprogramozása <i>A szintetikus biológia és kémiai vonatkozásai</i>	107
A <i>homo ludens</i> től a teniszjátékig <i>A teniszütők alapanyag-kémiája</i>	116
Világhírű játékszerek a tudományos kutatás szolgálatában <i>Mikrofluidikai berendezések LEGO-téglákból és Rubik-kockából</i>	123
LABORBÓL LABORBA	131
A kísérleti nukleáris robbantások által létrehozott <sup>14</sup> C radiokarbon <i>A testünkben viselt radioizotóp</i>	133
Kémiai kertek <i>Kemobronika, a kémia új szakterülete</i>	140
A rázótolcsértől a mikrofecskendőig <i>Új lehetőségek a folyadék-folyadék extrakció zöldkémiaiájában</i>	150
Poliuretánhab szorbensek az analitikai kémiában <i>Egy monográfia elő- és utóélete</i>	162
Egycseppnyi kémia <i>Folyadékfázisú reakciók ultramikrotérfogatban</i>	168
A folyadékfázisú szerves kémiai szintézistől a szilárd-szilárd szerves kémiai mechanokémiáig	178

ALAKULÁS KÖZBEN	187
Jorge Eduardo Hirsch és a Hirsch-index	
<i>Személyes érintettségű krónika</i>	189
Tudomány patológiás környezetben	
<i>A kutatás és publikálás nehézségei</i>	198
Egy kutatóvegyész gondolatai és aggodalmai	205
Anyagtudományi feszes készültség	
<i>A kínai katonai alakulatok 2000 éve</i>	209
Beszélgetés Braun Tiborral	
<i>Beszélgetőtárs: Benedek Pál vegyészprofesszor, az MTA Kémiai Osztályának rendes tagja</i>	214
Tárgymutató	219





## Előszó Braun Tibor *A szerelem molekulái – Multidiszciplináris kémiai egyveleg* című könyvéhez

Braun professzor közel egy évtizede publikál tudományos ismeret-terjesztő cikkeket, főleg a *Magyar Kémikusok Lapjában* (MKL). Ezen cikkek gyűjteménye már két könyvben is megjelent.\* Az írások népszerűsítő küldetést is betöltenek, aminek komoly jelentősége van kemofób társadalmunkban. Nem is beszélve arról, hogy a színvonalas, humoros ábrákkal illusztrált írások olvasása remek kikapcsolódást jelent. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint az, hogy a MKL évenkénti közvélemény-kutatása szerint Braun Tibor cikkei – szinte kivétel nélkül – mindig a topon végeznek.

Jelen műben már a fejezetcímek is figyelemfelkeltők, amelyek a kémia korszerű és érdekes témáihoz kapcsolódnak:

A megújulás varázsa

Gasztrokémia

Törvény és remény

Laborból laborba

Alakulás közben

A kéttucatnyi tanulmány közül talán a legfrappánsabb (és így olvasásra készítő) címek a következők:

A szerelem molekulái

Lenyűgöző ionos folyadékok

Fullerénkutatás mint címlaphír a *Nature* borítóján

A fullerén-paradoxon

Hangok és ízek

Borrá oldott molekulák

Lombikból az étkezőasztalra

A remény apoteózisa: szupravezetés szobahőmérsékleten

Egycseppnyi kémia

\* *A Nobel-díjra érdemes taxisofőr*, Lexica Kiadó, Budapest, 2016. *A könyvek illata*, Typotex Kiadó, Budapest, 2019.

A sikeres „akadémiai” pályát befutott, emellett a hazai kutatók és eredményeik értékelésében, valamint a tudományos alap kutatás működési mechanizmusát is kutató tudományometriát (a szcientometriát) megalapozó Braun professzor fáradhatatlan a tudományt népszerűsítő tevékenységében is.

Ez az újabb gyűjtemény – az előzmények alapján – népszerű és pihentető olvasmány lehet a vegyésztársadalom számára, de éppen az a csodálatos az ilyen írásokban, hogy nem csak szakmabeliek olvassák. Nem is beszélve arról, hogy a poénos írásokat még a diákok is olvasni fogják, akik talán ezen írások által kapnak kedvet a kémiához.

**Keglevich György**

*tanszékvezető egyetemi tanár,  
a kémiai tudományok doktora*

## A szerző előszava

Jelen tudománynépszerűsítő, ismeretterjesztő cikkgyűjtemény főleg a *Magyar Kémikusok Lapjában* publikált, illetve publikálásra váró 24 dolgozatot foglalja magába. Az írások a természettudományok, főleg a kémia szakterületeinek legkorszerűbb témáit érintik, és a világban megjelenő aktuális kérdésekről tájékozódhat belőlük az olvasó.

A tények szempontjából híven követem a neves magyar fizikus, Szilárd Leó és a világhírű német fizikus, Hans Bethe beszélgetése során elhangzottakat:

Szilárd: Csak a tényeket írom le, nem azért, hogy bárki elolvassa, csakis a Jóisten számára.

Bethe: Nem gondolod, hogy a Jóisten ismeri a tényeket?

Szilárd: Lehet, hogy ismeri, de nem a tényeknek ezt a változatát.

Ez különösen az olyan interdiszciplináris és transzdiszciplináris témákra vonatkozik, melyeknél új változataik és világviszonylatban tekintett aktualitásuk mellett kreatívan meg kellett nyitni a nyelvi fordítási kapukat olyan kifejezések előtt, amelyek eddig a magyar szaknyelvben nem voltak ismertek.

Úgy vélem, hogy a természettudományok, illetve a kémia népszerűsítésére, ismeretterjesztésére manapság annál is inkább szükség van, mert e szakterületek lakossági vonzereje csökkenő tendenciát mutat, amit többek között az említett területek iránt érdeklődő egyetemi felvételizők aggasztóan csökkenő száma is jelez.

**Braun Tibor**  
*c. egyetemi tanár*

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni a mindig és mindenben segítő személyes munkatársamnak, Trkala Marikának, valamint Monok Istvánnak, a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár és Információs Központ főigazgatójának, Gaálné Kalydy Dóra és Holl András főigazgató-helyetteseknek a szíves munkahelyi vendéglátásért, fiamnak, Braun Andrásnak a borító, valamint az ábrák tervezéséért és kivitelezéséért, Schubert András kollégámnak és barátomnak az évtizedes kölcsönös ötletezésért, Silberer Vera és Horváth Imre szerkesztőknek, valamint Kiss Tamás főszerkesztőnek a *Magyar Kémikusok Lapjában* megjelent cikkeim gondozásáért, Orbán Miklósnak és Görög Sándornak, az MTA rendes tagjainak, valamint Keglevich György tanszékvezető egyetemi tanárnak a hasznos tanácsokért, Salma Imre professzornak a készséges tájékoztatásokért, a Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Osztályának, amely lehetővé tette az Akadémia anyagi hozzájárulásával e kötet megjelenését és a Typotex Kiadónak a könyv professzionális szintű megjelentetéséért.

Egészen különleges és hálás köszönetemet fejezem ki feleségemnek, Klárinak, aki nélkül a kötet nem születhetett volna meg.

# A megújulás varázsa



# A szerelem molekulái

## *Szemelvények a személyi érzelmek kémiájából*

*La chimie sans amour est comme  
l'amour sans chimie: le deux  
provoquent une mauvaise reaction.*

*A kémia szerelem nélkül olyan,  
mint a szerelem kémia nélkül:  
mindkettő rossz reakciót vált ki.*

Antoine Lavoisier (1743–1794)

Tudatában vagyok annak, hogy e fejezet témája – enyhén szólva – szerteágazónak mondható és számos oldalról közelíthető meg. Talán elsőként azt kell megmagyaráznom, miért a molekulákat, azaz a kémiát emeltem ki a címben a szerelem mellett, amikor a szakirodalomban *The Physics of Love*,<sup>1</sup> *The Biology of Love*,<sup>2</sup> *The Thermodynamics of Love*<sup>3</sup> vagy *The Biochemistry of Love*<sup>4</sup> szakterületekkel társítják, elemzik és részletezik a szerelmet. Vegyészként a molekuláris vonatkozásokat érzem magamhoz a közelebbinek. Olvasóimtól elnézést kérek, amiért a szerelmi romantikára csak közvetve térek ki.

### *Bevezetés*

Ma úgy tudjuk, hogy körülbelül négymillió évvel ezelőtt az afrikai síkságok voltak a helyszínei az emberi faj első napjaiban a szerelem kivirágzásának, mikor az első üzenetváltó molekulák zuhatagjai áramlani kezdtek az agyból a vérbe, létrehozva az ezzel járó tüneteket. Függőség, fellángolás, vágyak, viszonzás, kötelezettség, kölcsönösség, meghittség, szenvedély, szenvedés, szomorúság és féltékenység – csak néhány azok közül az érzelemmel töltött fogalmak közül, melyeket akkor használnak, amikor körülírják azt az érzést, amit a szerelem képvisel.

A szerelmet, annak különböző állapotait és megnyilvánulásait aránylag gyakran és sokan vizsgálták sokféle vonatkozásban.<sup>5,6</sup> Ez részben annak tulajdonítható, hogy romantikus szemszögből a sze-

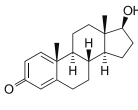
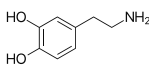
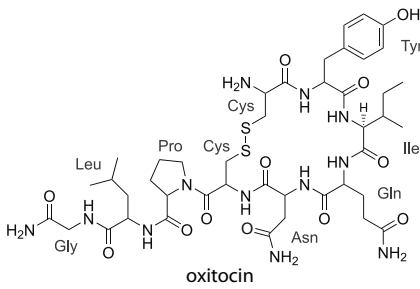
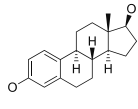
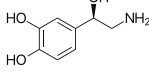
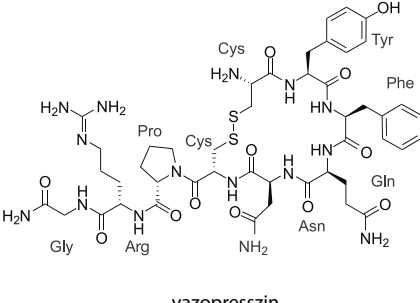
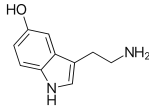
relem mindig a költők és más művészek alkotásainak témája volt a lélekemelő fennköltség és/vagy a szívfájdítás jegyében.<sup>7</sup> A szerelem angol megfelelője, a *love* szó etimológiailag a vágy, vágyakozás, elégedettség szavakból származik, és a gyökere közös a libidóéval.

### *Mechanizmus*

Ahhoz, hogy egy másik nemű személlyel való találkozás „szerelemmé” váljon, számos változásnak kell létrejönnie az emberi szervezetben. Bizonyos molekulákkal üzenetek kerülnek továbbításra szervek és testrészek között, információnak kell eljutnia a test egyik részéből a másikba. Ezt a test molekulákkal végzi. Ilyen molekulák például az acetilkolin, adrenalin, noradrenalin, dopamin és szerotonin. Ezeknek fontos szerepük van a szerelmi kémiai játéokban. A hormonmolekulák valamelyik szakosított szöveti mirigyben képződhetnek, például a hasnyálmirigyben, és a véráramlatban kerülnek szétküldésre. Fogadásukra a célszervek sejtjeinek felületén speciális receptorok vannak. Zár-kulcs reakciók jönnek létre a hormon és a receptor között, amik jelzik az üzenet megérkezését. A szóba jöhető molekulák között említik például a kortizont, inzulint és általában a szexhormonokat. A legszélesebb értelemben minden hormonmolekulának van valamilyen teendője a szerelemben. Különleges érdeklődésre számíthat a tesztoszteron és az ösztrogén, a két talán legfontosabb szexhormon. Ezek hozzák létre a vágyat, és nélkülük nincs öröm a szexben.

A tudományos kutatás általában három fokozatra osztja a szerelmet: vágy (lust), vonzódás (attraction) és ragaszkodás (attachment). Az ingerület átvivő-szállító (neurotransmitter) molekulák közül egyesek felelősek a vágyért, a többi határozza meg a szerelmi ragaszkodást és vonzódást (1. ábra). A fokozatok egymástól függetlenül is működhetnek. Külön meg kell említenünk, hogy csaknem mindennek a forrása a középagy. Ez a kulcsfontosságú apró terület az, mely sok mindent meghatároz, például a hangulatot, jó és rossz érzeteket, motivációt. Működése az a megalimpikus pólus, amihez a kellemes érzetek, az ösztönös magatartás, a jutalmazás és a függőségek alakulása is kapcsolható. Laikus nyelven ezt rendszerint jutalmazási központnak (nucleus accumbensnek) is nevezik.<sup>8</sup>



Vágy	Vonzalom	Ragaszkodás
 <p>tesztoszteron</p>	 <p>dopamin</p>	 <p>oxitocin</p>
 <p>ösztrogén</p>	 <p>noradrenalin</p>	 <p>vazopresszin</p>
 <p>szerotonin</p>		

1. ábra. A szerelem fokozatai és főbb molekulái

A dopamin különösen fontos molekula a szerelmi vonzódásban és az eufória létrejöttében. A szerelemképződésben szerepét a szerelmesek magas dopaminszintje biztosítja. Üzenetközvetítő molekulák befolyásolják az úgynevezett „jutalmi rendszert” (reward system) is. Bizonyos vegyületek, mint például a kokain, amfetamin és származékaik, megnövelik a dopaminszintet és szintén aktiválják a jutalmi központot. Ez az agyi dopamin felszabadulásával eufóriát hoz létre, és az elégedettség érzését kelti a szerelmesekben. A norepinefrinnek is nevezett noradrenalin molekula hatása hasonló a dopaminéhoz. Kémiai reakcióval a dopamin noradrenalinná változtatható. Az adrenalinnak szerelemstimuláló hatása van. Stresszes helyzetekben néhány milliszekundum alatt kerül a vérbe a mellékvesével

kezetsejtjeiből, és stresszállapotot hoz létre a szervezetben. Következésképpen a szív gyorsabban ver, az oxigén- és vérszükséglet megnő, a tenyerek izzadnak. A szerotonin idegközvetítő, gyakran „örömhormonként” is hivatkoznak rá. Az emberi test körülbelül 10 mg szerotonint tartalmaz. Erre a mennyiségre a kellemes érzések előidézésére van szükség. Ha a szerotoninszint csökken, a kedélyállapot megváltozik, álmatlanság, depresszió és lankadás az eredmény. A szerotonin az étvágyat és a fájdalomérzést is befolyásolja. Így nem meglepő szerepe a szerelemben sem. Szerotonin előállítására az emberi szervezetnek egy aminosavra, a triptofánra van szüksége. Nehézségnek tekinthető, hogy a triptofánt az emberi test nem tudja maga előállítani, ezért az étellel kell a testbe juttatni. Bizonyos ételek szerotonint vagy triptofánt tartalmaznak, például a gyümölcsök, mint a banán, ananász, málna vagy eper. A szezámag és a tejberizs szintén ellátja a testet szerotoninnal, de a csokoládé is. Az oxitocin és a vazopresszin is kiemelkedő molekulák a szerelem és a párkötődés terén. Az „ölelkezés és bizalom” (*cuttle and truff*) névvel is ellátott hormon az oxitocin, az ölelkezést és bizalmat növeli és a komfort kellemes érzését hozza létre.<sup>9</sup> A vazopresszin főszereplő a kardiovaszkuláris feladatokban, valamint a vérnyomás karbantartásában. Emellett arról is ismert, hogy a ragaszkodás hormonjaként is számon tartják. Férfiakban a szerepe fontosabb, mint a nőkben, mivel oxitocintermelésük kisebb. Ők ezt a hormont párkötésekhez használják helyette.<sup>9</sup> Mindkét hormont a hipotalamusz paraventriculáris és supraoptikus magjai termelik, és az agyalapi mirigyben keresztül bocsátják a vérkeringésbe, ahol a megfelelő receptorokat keresik.

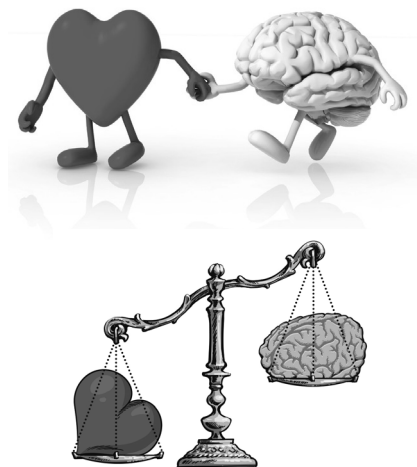
Három különböző típusú vazopresszinreceptort és egy oxitocinreceptort fedeztek fel eddig. A V1a vazopresszinreceptor, valamint az oxitocinreceptor jelen van a szerelemmel kapcsolatos több agyrészben is, beleértve a dopamin kielégítő agyi rendszert.<sup>10</sup> Ez azt jelenti, hogy az oxitocin és a vazopresszin hatása bizonyos mértékben dopaminfüggő. Kis termetű, monogám emlősökben, a mezei egerekben, melyeket a ragaszkodás vizsgálatához alkalmaztak modellként a szerelemkutatásokban, azt mutatták ki, hogy az említett receptorok eloszlása és sűrűsége jelentős szerepet játszik a párkötődésben,<sup>11</sup> de a mezei egerekben különbségek is találhatók az oxitocin és a vazopressz-

szin hatásában. Az oxitocinnak anxiolitikus és stresszcsökkentő hatásai vannak, és partnerkötődést indukálnak a nőstényekben. Másrészt a vazopresszin fokozza a félelem- és stresszválaszokat, valamint társ-kötődést hoz létre hímegekben.<sup>9</sup> Ez igaz az emberekre is, és a kutatások kimutatták, hogy mindez a történelem előtti szülő-gyermek kötődésből ered, amikor az anyák gondozták, az apák meg vészhelyzetben védték az utódokat.<sup>12</sup> Amikor a dopamin jutalmazási rendszerhez kapcsolódik, az oxitocin és vazopresszin dopaminkibocsátást hoz létre, ezáltal ragaszkodási tapasztalattá teszi a szerelmet.<sup>13</sup>

A dopamintermelés, valamint a jutalmazási rendszerben az 1(D1) vagy 2(D2) dopaminreceptorok határozzák meg a párkapcsolat egyediségét. A D1 stimulálása neuroplaszticitást, valamint a vonzalomhoz kapcsolódó tanulást és emlékezést hoz létre, emellett blokkolja a mezei egerekben kialakuló párkapcsolatokat. Másrészt a D2-t kifejező neuronok hatnak a ventrálpalindumra, és integrálják az információt a vazopresszinergetikus rendszerbeli neuronokkal, valamint aktiválják a párkapcsolatot létrehozó idegi hálózatokat. Mezei egerekben a D1-megnyilvánulás újr szabályozódik, miután az első kötődés megtörténik, ezáltal megelőzve a szabad szerelmi spontaneitási (promiszkuitási) viselkedést.<sup>14</sup> A kapcsolat első fázisa után a szerotoninszintek az eredetire térnek vissza. Végül megemlítjük, hogy a kutatások a norepinefrin-,<sup>14</sup> a kortizol- és a tesztoszteronszintek<sup>9</sup> különlegesen fontos szerepére is felhívták a figyelmet.

## Végszó

Mint a fentiekből látjuk, különböző molekulák játszanak fontos szerepet a szerelemben és abban, hogyan éljük át érzelmi kapcsolatainkat. Hatásaik nemcsak ezek szintjétől függenek, hanem azok receptorainak számától és eloszlásától is. Ez az oka, hogy a szerelem mögötti kémia néha nehezen összegezzhető és általánosítható. Az ismeretek után feltehetjük a kérdést, hogy mi a szív szerepe a szerelemben. A választ a 2. ábrán mutatjuk be. A szív és az agy viszonya egyéni mérlegelés tárgya, de az érzelmek valójában a molekulák forgalmának szintjén dőlnek el.



2. ábra. Az agy és szív viszonya a szerelemben

## IRODALOM

- 1 J. J. Pawlitschek, *J. Environment Stud. Sci.*, 2013, 4, 2.
- 2 R. Boock, *Psychol. Review*, 2002, 109, 739.
- 3 D. Hwang, *J. Hybrid Vigor*, 2001, 1, Emory University.
- 4 C. Carter, S. Porges, *EMBO Reports*, 2013, 14, 12.
- 5 L. Thims, Research Project, #4, 2005 Chicago Institute of Human Thermodynamics.
- 6 L. Thims, *Human Chemistry*, 1, Morrisville, NC, Lulu, 2007.
- 7 A. Cunningham, N. Jardine (Eds), *Romanticism and the Sciences*, 1990, Cambridge University Press, New York.
- 8 L. Young, B. Alexander, *The Chemistry Between Us: Love, Sex and the Science of Attraction*, 2012, Penguin.
- 9 A. de Boer, 2012, *Euroscience*, 114.
- 10 A. Bartels, *Neuroimages*, 2004, 21, 1155.
- 11 T. G. Insell, L. E. Shapiro, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 1992, 89, 5981.
- 12 J. Debiec, *FEBS Lett.*, 2007, 581, 2580.
- 13 L. Young, Z. Wang, *Nat. Neurosci.*, 2004, 7, 1048.
- 14 <https://uberditionysus.livejournal.com/267831.html>.