

## „Az élet a kémikus szemével”

1933. február 8-án, a Ferenc József Tudományegyetem Barátainak Egyesülete szervezésében került sor Szent-Györgyi Albert professzor „Az élet a kémikus szemével” című előadására. A nagy érdeklődéssel kísért előadásról a másnapi Délmagyarország számolt be hasábjain. Az Orvosi Vegytani Intézet akkori igazgatója többek között kifejtette, hogy „a tudomány és a vallás között semmiféle viszony nincs, mert amit mérni lehet, az a tudomány, ahol nincs megmérhető valami, az a vallás; így tehát a tudomány legfeljebb közeli szomszédja lehet a vallásnak”. Megállapította továbbá, hogy „a tudomány a mélységeket kutatja, behatol a legparányibb részecskék belsejébe is, hogy újabb és újabb titkokat tárjon fel. Így jutott el a biokémia az emberi test legkisebb részecskéjéhez, a sejthez, majd a molekulához és az atomhoz. Így tudta meg, hogy az a csodálatos gépezet, amelyet élő testnek nevez az ember, nyolcvan százalékban víz”. Nagy derűtséget keltve kijelentette, hogy „ez még akkor is így van, ha egy tekintetes úrról van szó”. Véleménye szerint „a biokémikus nem állt meg az atomnál, behatolt az atom belsejébe is, ami fontosabb világtörténelmi esemény volt még a világháborúnál is”.

Jelen összeállításban azt kívánom példákon keresztül bemutatni, hogy milyen módon segíti a szintetikus szerves kémia, a kémia egyik ága, a mindennapi életünket.

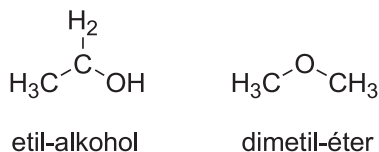
A szerves kémia a szénvegyületek kémiája. A szerves vegyületek molekuláit szénen kívül jellemzően még hidrogén, nitrogén, oxigén, kén vagy foszfor építi fel. Egymásba történő átalakulásaik az élő szervezet működésének alapját jelentik. Szerves kémiai reakciókat már az ókorban is végrehajtottak (természetesen ezek nem voltak tudatosak), ilyenek például a bor vagy az ecet előállítása. A középkort az alkímisták, illetve a jatrokémikusok uralták. Mint közismert, az alkímisták egyik fő célja az arany előállítása volt. A jatrokémikusok orvoslással, új gyógymódok és gyógyszerek kifejlesztésével foglalkoztak. Noha erőfeszítéseik számos esetben kudarccal jártak, fontos felismerésük volt, hogy a gyógyítás kémiai szerekekkel is lehetséges.

A szerves kémiai reakciókkal történő kísérletezést visszavetette a XIX. század elejéig uralkodó „életerő-elmélet”, amely szerint nem lehetséges szerves vegyületből kiindulva, mesterségesen szerves vegyületet előállítani, mert ahhoz „életerő” szükséges, amivel csak az élő szervezetek rendelkeznek. Ezt az elméletet 1828-ban Friedrich Wöhler német kémikus döntötte meg, aki ammónium-cianátból – ami egy szerves vegyület – kiindulva, hevítéssel egy szerves

vegyületet, karbamidot állított elő. Annak idején ezt a felfedezést nagyon sokan kétségbe vonták, de további kísérletek hamarosan egyértelműen igazolták Wöhler felismerését. Ezt követően vett lendületet a szerves kémia fejlődése.

A kémián belül a szerves kémiát az teszi különlegessé, hogy a szerves vegyületek molekuláit felépítő szénatomok egymással összekapcsolódva tet-szöleges hosszúságú láncokat alkothatnak, amelyek elágazásokat is tartalmazhatnak. A szénatomok gyűrűkbe is rendeződhetnek, amelyekben a szén más atom (oxigén, nitrogén, kén stb.; ún. heteroatom) is helyettesítheti. Mindezek alapján elméletileg végtelen fajtájú szerves vegyület képzelhető el. A ma ismeretek száma mindenestre már tízmillió nagyságrendű.

A kémiában azt a jelenséget, amikor adott vegyületek molekuláit azonos darabszámú, azonos fajtájú elemek építik fel (azonos az összegképletük), de szerkezetük valamilyen módon különbözik, izomériának nevezzük. Az ábrán egy heteroatomot (oxigént) is tartalmazó izomerpár látható, az etil-alkohol és a dimetil-éter, mindkettő összegképlete  $C_2H_6O$ .

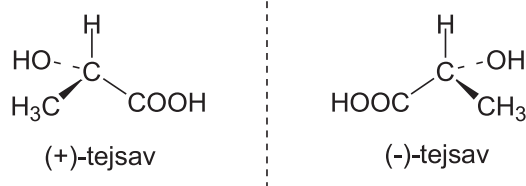


A szénatomszám növekedésével a lehetséges izomerek száma rohamosan növekszik. Például a  $C_{30}H_{62}$  összegképletű triakotánnak 4.111.846.763 db izomerje létezik elméletileg, amelyek mindegyike más-más vegyület.

Kezdetben a szerves vegyületeket ún. „triviális” nevekkel illették. Az ilyen nevek utalhattak a vegyület hatására forrására, stb.; pl. morfin, barbitursav. Az ismert vegyületek számának rohamos növekedésével felmerült az igény egy szisztematikus nevezéktan kidolgozására annak érdekében, hogy a milliárdnyi valós, vagy egyelőre csak elképzelt vegyület szerkezete és neve között egyértelmű legyen a kapcsolat. Az ún. IUPAC- (International Union of Pure and Applied Chemistry)-nomenklátúra alapjait már 1896-ban lefektették, a nevezéktani szabályokat manapság is folyamatosan fejlesztik.

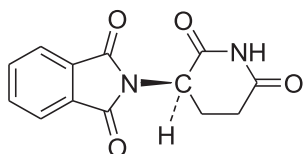
Az azonos összegképletű szerves vegyületek szerkezete egymástól többféleképpen is különbözhet, ennek alapján különböző izomériafajtákat különböztetünk meg. Ezekben belül kiemelt jelentőségű az optikai izoméria. A szénatom – elektronszerkezetéből adódóan – legtöbb vegyületében négy vegyértékű, így akár négy különböző atom vagy atomcsoport is kapcsolódhat hozzá. Ilyen esetben az egy képeletbeli tetraéder középpontjában található szénatom négy vegyértéke a tetraéder négy csúcsába mutat, ahol az atomok vagy atomcso-

portok találhatóak. Amennyiben ezek különbözőek, a molekula nem hozható a tükörképi párjával fedésbe, azaz a vegyületnek két izomerje létezik, melyeket enantiomereknek nevezünk. Az ábrán a tejsav enantiomerjeinek szerkezeti képletei láthatók (a folytonos vegyértékvonalak a papír síkjában, a szaggatott a sík mögött, az ék alakú pedig a sík előtt található csoportokat kötik a központi szénatomhoz).

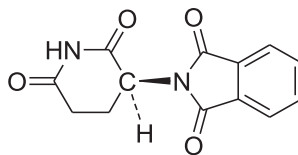


A két vegyület úgy viszonyul egymáshoz, mint a jobb és bal kéz, így a jelenséget – a „kéz” görög megfelelőjéből eredően – kiralitásnak nevezzük. A vegyületnév előtt álló előjel azt mutatja, hogy az adott vegyület oldata a poláros fény síkját az óramutató járásával megegyezően vagy azzal ellentétesen forgatja-e el; ebből származtatható az „optikai” izoméria kifejezés. Az enantiomerek gyakorlatilag minden kémiai és fizikai tulajdonsága megegyezik. Ez a tény akkor jelent nehézséget, amikor a két izomert egymástól el kívánjuk választani. Kézenfekvő, hogy bárminemű elválasztásnál valamiféle különbséget kihasználva tudjuk azt megvalósítani, azonban ha nincs ilyen? Továbbá, miért szükséges egyáltalán az enantiomerpár tagjait egymástól elkülöníteni? Ennek fő oka, hogy az élő szervezet rendszerei is királisak, és a szervezetbe juttatott vegyületek ennek eredményeként eltérő válaszreakciókat adhatnak. Így például, ha egy gyógyszerhatóanyag molekulái enantiomerpárt alkotnak, előfordulhat, hogy az egyik vegyület mutatja csak a kívánt hatást, a másik pedig káros a szervezetre. Hasonló ez a jelenség ahhoz, mint amikor a jobbkezes kesztyűbe próbálnánk a bal kezünket beledugni. Kevés sikerrel tudjuk ezt megvalósítani; csakúgy, mint amikor egy szervezetbeli enzim királis „zsebébe” próbáljuk az oda nem illeszkedő enantiomert bejuttatni. Miért királisak az enzimek? Mert építőelemeik, az aminosavak többségükben szintén királisak.

1957-ben hozta fogalomba a Grünenthal gyógyszergyár a Thalidomide hatóanyagtartalmú gyógyszerét, a Contergant. Az alkalmazás során kiderült, hogy a kívánt nyugtató, fájdalomcsillapító hatást az ábrán látható enantiomerek közül csak a bal oldali mutatja, míg a másik teratogén, azaz magzatkárosító hatású. Az 50-es évek végén, a 60-as évek elején a világ 46 országában 10 000-nél több, sérült végtagokkal rendelkező vagy végtagok nélküli, ún. Contergan-bébi született.



(+) -Thalidomide



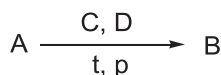
(-) -Thalidomide

Ez a jelenség felhívta a figyelmet arra, hogy abban az esetben, hogyha királis a gyógyszerhatóanyagunk, akkor lehetőleg csak a szükséges izomer kerüljön a gyógyszerbe, a másik pedig ne, vagy pedig ha nem lehetséges racionálisan őket egymástól elválasztani, akkor a másik enantiomer hatását, annak sorsát a szervezetben nagyon gondosan szükséges vizsgálni. A Thalidomide sajátossága, hogy abban az esetben, ha ezt annak idején tudták volna, és el is választották volna az egyik enantiomert a másiktól, és csak a megfelelő alkalmazták volna, az sem jelentett volna megoldást. A szervezetben ugyanis a „jó” izomer át tud alakulni a „rossz” izomerré, azaz izomerizálódik, tehát a káros hatását akkor is kifejtette volna. Egy további érdekesség, hogy a Thalidomide nemrégiben újra visszakerült a gyógyszerkincsbe, ugyanis jelentős rákellenes hatást mutat, és – a teratogén hatását nyilván figyelembe véve – pl. férfiaknál az alkalmazására azért lehetőség nyílik.

Egyes természetben előforduló enantiomerek esetében az tapasztalható, hogy az illatuk is eltérő. A jobbra forgató karvon kömény-, míg a balra forgató izomer mentaillatú. A (+)-limonén narancsillatú, a (-)-limonén pedig terpentinszagú vegyület.

Az enantiomerek egymástól történő elválasztása, vagy egyikük célzott előállítása tehát a mai szerves kémia komoly kihívása és fontos megoldandó feladata, amely – a természet által szolgáltatott elvet, a királis környezet biztosítását alkalmazva – ha gyakran nem is könnyen, de azért megvalósítható.

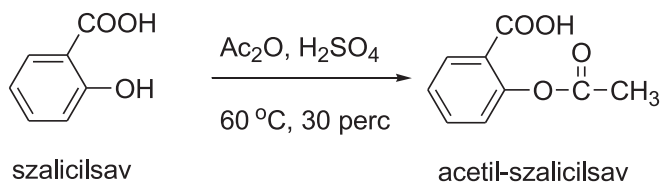
Nézzük meg ezek után általánosan, hogyan írható fel egy szerves kémiai reakció egyenlete. Kiindulunk „A” kiindulási anyagból, az előállítani kívánt terméket nevezzük „B”-nek, nyilat teszünk közéjük, ezen a nyilon általában feltüntetjük a reagenseket (C, D), ill. a reakciókörülményeket (t = reakcióidő, p = nyomás, stb.) is.



Ahhoz hogy egy kémiai reakció végbemenjen, aktiválási energia szükséges, ezt a rendszerrel általában hő formájában közöljük. Hő helyett mikrohul-

lámú, vagy fénnel történő aktiválást is alkalmazhatunk. Katalizátor használata esetén a reakció aktiválási energiaigénye lecsökken, ezáltal a folyamat enyhébb körülmények között, gyorsabban hajtható végre, mint katalizátor nélkül. Az élő szervezet katalizátorai az enzimek. Azért szükséges az élő szervezetben végbemenő folyamatokat katalizálni, hogy testhőmérsékleten, tehát pl. az emberi szervezetben 36-37 °C-on is végbemenjenek azok a reakciók, amelyek a szervezet működését biztosítani tudják.

Az acetyl-szalicilsav, az aspirin hatóanyagának előállítására példaként mutatom be, hogyan hajtható végre egy szerves kémiai reakció a laboratóriumban. „A” ebben az esetben szalicilsav, a keletkező termék, „B” az acetyl-szalicilsav. Reagensként ecetsav-anhidridet, katalizátorként kénsavat használunk.



A következő recept az átalakítás lépéseinek leírása:

Egy 50 ml-es gömblombikba bemérünk 1,4 g (10 mmol) szalicilsavat, 2,0 ml ecetsav-anhidridet és 3 csepp tömény kénsavat. Az elegyet 60 °C-os vízfürdőn melegítjük 30 percig, időnként megrázogatva. Ezután hozzáadunk 20 ml vizet, és jeges-vizes fürdőben lehűtjük. A kivált csapadékot szűrjük, és a nyers terméket ecetsavas vízből átkristályosítjuk.

A következőkben azt kívánom bemutatni, hogy milyen szoros a párhuzam egy ilyen kémiai átalakítás és az egyik legfontosabb konyhai tevékenység, a főzés között. Ha pl. egy tyúkhúsleves szeretnénk elkészíteni, akkor a tyúk a kiindulási anyag (A), a tyúkhúsleves pedig a végeredmény (B). Itt nem reakciópartnereknek vagy reagenseknek nevezzük a szükséges anyagokat, hanem hozzávalóknak. A hőmérsékletnek itt is fontos szerepe van. Vízen főzünk, tehát ez 100 °C, a „reakcióidő” pedig körülbelül 3 óra. Itt is rendelkezésünkre áll egy recept, amelyet szó szerint alkalmazhatunk, módosíthatjuk azt, vagy pedig alkothatunk egy újat, ugyanúgy, ahogy azt megtehetjük reakciók végrehajtása esetén is.

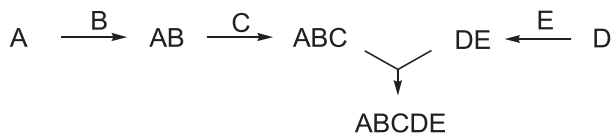
Érdeemes arra felfigyelni, hogy a konyhának, illetve a szintetikus szerves kémiai laboratóriumnak a felszerelése, továbbá az alkalmazott módszerek is sok tekintetben hasonlóak. A konyhában lábosban, fazékban főzünk, a laboratóriumban lombikot használunk ugyanerre a célra. Széles hőmérséklettartományban dolgozunk itt is, ott is, keverés mindkét helyszínen szükséges lehet, a fakanálnak a laboratóriumban a mágneses keverő felel meg.

A konyhában oldószerként vizet használunk. A szerves reakciók során vizet is alkalmazhatunk, de gyakrabban különböző szerves oldószereket, leginkább azért, mert a szerves vegyületek többsége nem oldódik vízben. Szűrni itt is, ott is kell. Speciális gázok előfordulhatnak a konyhában is, pl. a szén-dioxid vagy a dinitrogén-oxid; laboratóriumban általában sokféle speciális gázt használunk. Nyomás alatt végbemenő folyamatokat is kivitelezhetünk; a konyhában kuktában, a laboratóriumban nyomástartó edényben. A folyamatok felgyorsítására használhatunk mikrohullámú készüléket, ennek a megfelelője megtalálható a laboratóriumi gyakorlatban is. Mosogatni kell a konyhában, ill. a laboratóriumban is, ez általában kézzel történik itt is, ott is, de mindkét helyen használhatunk mosogatógépet is. Az egyéni védőfelszerelésekről is természetesen gondoskodnunk kell mindkét helyszínen. Ugyanakkor jelentős különbség a két tevékenység között, hogy a konyhában a főzés során lehetőségünk nyílik a minőséget kóstolással ellenőrizni, míg a laboratóriumban valamilyen kémiai-analitikai módszert kell erre a célra használunk. Nagyon fontos további eltérés a két művelet között, hogy a konyhában általában a végeredményre abban a formában van szükségünk, ahogy azt megfőztük, tehát magára a kész ételre. Ezzel szemben a laboratóriumban pedig csak egyetlen anyagra, amit elő szerettünk volna állítani: a célvegyületre, tehát a reakció lejátszódását követően valamilyen módszerrel ki kell vonnunk a kívánt terméket az összetett reakcióelegyből. A szerves kémiai reakciók a legtöbb esetben nem játszódnak le 100%-os hozammal, azaz egy  $A \rightarrow B$  reakcióban maradhat például át nem alakult A, vagy B mellett más termékek is keletkezhetnek, azaz felléphetnek szelektivitási problémák is.

A „szintézis” kifejezést a mindennapi életben is használjuk, nagyjából olyasmit jelent, hogy kisebb részekből létrehozunk egy nagyobbat, ami minőségileg más, mint a kis egységek összessége; ami valamire jó, valamilyen szempontból hasznos. A szerves kémiai szintézisek esetén egy új vagy ismert szerves vegyületet állítunk elő, általában egyszerű kiindulási anyagokból, kémiai reakciók segítségével. A szintézisek általában több, néha sok kémiai reakcióból állnak. Alapvetően kétfajta szintézisstratégiát használhatunk a szintézis kivitelezésére: a lineáris szintézisstratégia esetén kiindulunk az első kiindulási anyagból, és lépésenként építjük fel, jelen esetben az „ABCDE” vegyületet:



Konvergens szintézisstratégia alkalmazása esetén két (több) úton indulunk el, és valamikor menet közben egyesítjük ezeket a kisebb összeépített egységeket egymással:



Az első stratégia szerint készülhetnek pl. a kosarak. A kosárfonás során veszünk az első vesszőt, ahhoz hozzáadjuk a másodikat, és így tovább, míg végül elkészül a kosár. A második stratégiára pedig egy példa lehet az autógyártás, mikor az autó karosszériáját szerelik össze különböző alkatrészekből, egymást követően. Külön szerelik össze a motort, beleteszik a dugattyút, a hengereket, a gyertyákat stb., és aztán a kettőt a megfelelő fázisban összeépítik.

Melyek lehetnek a szerves kémiai szintézisek céljai? Több ilyen célt is megnevezhetünk, pl.:

- Vegyületek reakciókészségének vizsgálata.
- Új szerves kémiai módszerek, reakciók felhasználásának kiterjesztése.
- Új vegyületek előállítása különböző kutatási célok (fizikai, kémiai vagy biológiai) elérése érdekében.
- Természetes vegyületek szerkezetének megállapítása. Főleg korábban alkalmazták a szerves szintéziseket a természetből kinyert vegyületek szerkezetének igazolására. Szent-Györgyi Albert idejében, azt megelőzően, sőt azt követően is még néhány évtizeden keresztül az úgynevezett kémiai szerkezetbizonyítás volt az a lehetőség, amellyel ezt a problémát megoldották. A „lebontás” során kiindultak az ismeretlen szerkezetű, a természetből kinyert vegyületből, olyan átalakításokat hajtottak végre rajta, amelyek hatása ismert volt. A reakciók eredményeként ismert szerkezetű, kisebb vegyületekhez jutottak, majd pedig e vegyületek szerkezetének, illetve a végrehajtott reakcióknak az ismeretében logikailag valószínűsítették a szerkezetét ennek az ismeretlen szerkezetű vegyületnek. Miután ilyen módon megfejtették a szerkezetet, az még mindig csak egy feltételezés volt, a teljes bizonyosságot az ún. totálszintézis jelentette. Ennek során kiindultak egy, a kereskedelmi forgalomban kapható kis molekulából, végrehajtották a megcélzott vegyületnek a szintézisét, a kapott célvegyületet összevetették a természetből izolált vegyülettel, és ha a kettő megegyezett egymással, akkor a szerkezet végleges bizonyítást nyert. Manapság a szintetikus szerves kémikusnak sokkal könnyebb dolga van a szerkezetbizonyítás terén, hiszen számos spektroszkópiai módszer áll rendelkezésre ennek a feladatnak az elvégzésére. Ezek nagyjából a múlt század közepétől terjedtek el, a szerves kémikus számára a legfontosabb közülük a magmágneses rezonancia spektroszkópia

(NMR). Ugyanezen az elven alapszik a klinikai gyakorlatban alkalmazott MRI készülék is. A spektroszkópiai vizsgálatok eredményei egyfajta vetületét adják az illető vegyület szerkezetének, és amennyiben valamennyi releváns spektrum rendelkezésre áll, akkor nagyon rövid idő, akár néhány óra alatt megoldható ugyanaz a feladat, amihez száz évvel ezelőtt mintegy akár tíz évre is szükség lehetett.

- Szerves kémiai szintéziseket igen gyakran hajtanak végre gyógyszerkémiail célzattal is. Ez általában azzal jár, hogy nagyszámú vegyületet kell előállítani, azok hatását meg kell vizsgálni ahhoz, hogy végül hatásos és biztonságosan alkalmazható gyógyszer szülessék. Az erőfeszítéseket nem minden esetben kíséri siker, néha azonban a kutatások során az eredetitől eltérő hatásterületen alkalmazható hatóanyagot fedeznek fel.

A digitoxigenin többek között a piros gyűszűvirágban és a gyöngyvirágban megtalálható hatóanyag, amely a szívizomzat működését javítja. Ilyen célzattal használták főzetüket a népi gyógyászatban. Komoly problémával terhelt azonban ezen hatóanyag alkalmazása; a hatásos és a halálos dózis közötti különbség ugyanis kicsi, tehát nagyon könnyű a szert túladagolni. A szintetikus szerves kémikusok megpróbálták ennek a vegyületnek a szerkezetét módosítani, azzal a célzattal, hogy hátha sikerül ezt az ún. terápiás ablakot kiszélesíteni, de próbálkozásaikat nem koronázta siker. A vegyületnek olyan származékait is előállították, amelyekben a molekulák gyűrűjében található oxigénatomot kicserélték nitrogénre. Az így nyert Abiraterone szívgyógyszerként ugyan nem alkalmazható, kiválóan kezelhető vele viszont a jóindulatú prosztatamegnagyobbodás.

- A természetben kis mennyiségben előforduló, de valamilyen szempontból (nemcsak gyógyszerkémiail) fontos vegyület nagyobb mennyiségben történő előállítása céljából is gyakran dolgoznak ki szerves szintéziseket.

Az antibiórt az ókorban szenátorok és császárok ruháinak festésére használták. A festékanyagot bíborcsigákból nyerték ki, kb. 10 000 csiga feldolgozásával mindössze 1,5 grammnyi antibiórhoz jutottak. A vegyület szerkezete meglehetősen egyszerű, még az 1800-as években sikerült a dibrom-indigónak a szintézisét megvalósítani. Az antibiórnál tartósabb és szebb eredményt nyújtó textilfestékek szintézisét is kidolgozták. Az eredmények elsősorban Adolf von Baeyer nevéhez fűződnek.

A bombikol egy rovarferomon, melyet a selyemlepke nőtényei termelnek. Kifejlett példányaik csak mintegy 3-5 napig élnek, ezalatt párosodniuk kell és petét kell rakniuk, tehát fontos a hím egyedekkel történő gyors találkozás. A hímek nagyon messziről, akár kilométerekről is, nagyon alacsony koncentrációban képesek megérezni a bombikolt. 1962-ben 31 000 lepke fel-



dolgozásával sikerül 3 mg-nyi bombikolhoz jutni, ez elegendő volt a szerkezet-bizonyításhoz. Mivel viszonylag egyszerű a vegyület szerkezete, a szintetikus kémikusok még ugyanebben az évben megvalósították szintézisét is. Miért előnyös, hogyha rovarferomonokat tudunk előállítani? Ezek a vegyületek felhasználhatók a környezetbarát növényvédelemben, pl. oly módon, hogy ezt a csalogató anyagot csapdákbán helyezik el. Egy másik módszer szerint pedig egy nagyobb területet szennyeznek be vele, nagyon alacsony koncentrációban, ahhoz azonban elegendő mennyiségben, hogy az illető rovar ellenkező nemű egyedei ne találják meg egymást, és ilyen módon ne szaporodjanak.

A C-vitamint annak idején hexuronsavnak nevezte Szent-Györgyi Albert, aki a kísérleteihez szükséges mennyiséget paprikából nyerte ki. Más természetes forrásból is izolálható ez a vegyület, de minden bizonnyal nem lenne elegendő a világ C-vitamin szükségletének a fedezésére. Szintézisét az 1940-es években megoldották. Az elegáns, glükózból kiinduló, néhány lépéses szintézisek a C-vitamin hatékony előállítását teszik lehetővé.

Az utolsó említendő példa a taxol esete. A taxol az amerikai tiszafa kérgében található, az 1960-as években onnan vonták ki. Kiválóan alkalmazható bizonyos női rákbetegségek kezelésére. A tiszafa kérgében nagyon alacsony koncentrációban található ez a taxol elnevezésű vegyület, és egy beteg gyógyításához átlagosan 3 db 100 éves fának a kérgére van szükség. A tiszafa egy meglehetősen lassan növekvő fafajta, nagyon sokáig él, több száz vagy akár ezer évig is, nagyon kemény a fája, nehezen megmunkálható, rendkívül tartós. A tiszafák kiirtását megelőzendő, a szintetikus szerves kémikusok megkísérelték ennek a vegyületnek a totálszintézisét. Ez mintegy hat-hét kutatócsoportnak sikerült is, eredményeiket a múlt század '90-es éveiben tették közzé. A meglehetősen bonyolult totálszintézisek azonban túlságosan sok reakciólépésből állnak, így ipari léptékű megvalósításuk nem gazdaságos. Ugyanakkor az Európában, azon belül Magyarországon is honos közönséges tiszafa leveléből sikerült egy olyan hatóanyagot kinyerni, amely közeli szerkezeti rokonságban áll a taxollal, és ennek az ún. félszintetikus átalakításával, viszonylag kevés lépésben, hatékonyan nyerhető a taxol. 2011-ben az év fájának a tiszafát választották. A tiszafa megihlette az írókat, költőket is. Érdeemes tudni a tiszafáról, hogy a magköpenyt kivéve valamennyi része mérgező, tehát az irodalmi példákban általában a halállal, az elmúlással hozzák kapcsolatba ezt a növényt. Érdekeség, hogy a Harry Potter-regényekben Voldemortnak tiszafából volt a varázspálcája.

Végül néhány Nobel-díjas kémikus véleménye a kémiai szintézisekről:

R. B. Woodward: „Izgalom, kaland, kihívás és talán nagy művészet; mindez a szerves szintézis.”

R. Hoffmann: „Dicsőíteni szeretném a kémiai szintézist, a molekulák előállítását. A szintézis egy figyelemreméltó tevékenység, a kémia szíve, amely a kémiát a művészet felé közelíti.”

E. J. Corey: „Hiszem, hogy a kémiai szintézis a következő században óriási mértékben hozzájárul az emberiség fejlődéséhez, különösen a biológia és a gyógyszerészet vonatkozásában.”

R. Noyori: „A kémia központi szerepet tölt be a tudományban, és a szintézis központi helyet foglal el a kémiában.”

Szent-Györgyi Albert korábban már idézett gondolata, amely szerint: „A tudomány a mélységeket kutatja, behatol a legparányibb részecskék belséjébe is, hogy újabb és újabb titkokat tárjon fel”, manapság is teljes mértékben igaz. Annak ellenére, hogy sok vonatkozásban egyszerűbb a dolga a mai kutatóknak, mint elődeinknek volt, az ismeretek bővülésével újabb és újabb kérdések merülnek fel, amelyek megválaszolásához – más tudományterületek mellett – a szintetikus szerves kémia eredményeire még nagyon sokáig szükség lesz.

### **Felhasznált források:**

- Délmagyarország, 1933. febr. 9.
- Wade, L. G. Jr., Organic Chemistry, 4th ed., Prentice Hall Int., Inc., 1999.
- McMurry, J. Organic Chemistry, 5th ed., Brooks/Cole, 2000.
- Felföldi, K., Wölfling, J., Szerves szintézisek, JATEPress, 2011.
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)