

# Színváltoztatás festék nélkül

*Chikán Ágnes írása*

Pillangószárny színe és visszája

Amikor a napsugár ráesik a virágsziromra, a fűre, a falevelekre, a szitakötő, a lepke szárnyaira, és ámulva gyönyörködünk a természet pompájában, aligha gondolunk arra, hogy mindezeket tudományosan tetten érhető kémiai folyamatoknak köszönhetjük: ezeknek a növényi, állati részeknek az anyaga kölcsönhatásba kerül a rávetülő napfényvel, amelyből egyes tartományokat elnyel, másokat visszaver. Így alakulnak ki a szemet elbűvölő színek.

Az ember, utánozni akarván a természetet, már réges-rég használ festékanyagokat, hiszen ősidők óta vonzódunk a szép színekhez. Hogy miként keletkeznek a gyönyörködtető, hangulatunkat befolyásoló, az egész élővilág számára számtalan információt hordozó színek, s hogy miként lehet más módon, nem csak festékanyagokkal szint létrehozni, erre a kérdésre keresi a választ munkatársaival [Biró László Péter](#) akadémikus, az [MTA Természettudományi Kutatóközpont](#) Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet Nanoszerkezetek Osztályának vezetője.

## Lökdösődés vagy kígyózás

A kutatók abból az ismeretből indultak ki, hogy a Napból jövő fehér fényt szelektíven manipulálni tudjuk. A látható fény hullámhossza néhány száz nanométer: a vöröse például 800, az ibolyáé 350. De a fény elektromágneses hullám is, s ez kölcsönhatásba tud lépni olyan szerkezetekkel, amelyeknek a mérete megegyezik a néhány száz nanométeres tartománnyal. Hogy jobban megértsük a méretek és az anyagi tulajdonságok szerepét, képzeljünk el egy téren összegyűlt tömeget, melyben igen közel, mondjuk 20 centiméter távolságra állnak egymástól az emberek, s ha valaki haladni akar, lökdösődés nélkül aligha teheti meg. Ha viszont szellősen, viszonylag bő távolságra tartózkodnak egymástól, bárhol kényelmesen átsétálhatnak a tömegben. Ha meg embernyi a rés közöttük, kígyózva ugyan, de szintén tovább juthatnak. Egy szerkezet jellemző mérete és a hullám hossza épp így összemérhető, s ugyanígy befolyásolja a hullám terjedését. E példa alapján bizonyos hosszúságú hullámok (bizonyos színű fények) változás nélkül áthaladnak a szerkezeten, míg más hullámok a "lökdösődés" következtében visszaverődnek. A kutatók úgy gondolták, hogy olyan szerkezetet kell létrehozniuk, amely két alkotóelemből épül fel, azaz kompozit, amelyben mindegyik alkotóelem másképpen befolyásolja a fény terjedését, miként egy tornasor két összetevője, az emberek és a köztük lévő űr. Így hozható létre a szerkezeti szín, amely csupán a szerkezet által meghatározott, és nem alkalmaz festékanyagokat.

A kutatók két különböző, eltérő törésmutatójú anyagot használtak a kísérletek során. Hétköznapi tapasztalatunk is van arról, mi a szerepe a törésmutatónak: ha egy vízzel félig telt pohárba kanalat helyezünk, a kanál nyele megtörni látszik a víz felszínén, mert a levegőnek és a víznek más-más a törésmutatója, azaz másként terjed bennük a fény. Ha a tornasort szerkezetként tekintenénk, ebben az elrendezésben az ember lenne a nagy törésmutatójú elem (mint a poharas példában a víz), a lyuk, a hiátus a kis törésmutatójú (mint a poharas példában a levegő).

A kutatók a laboratóriumban létrehoztak egy két összetevőből álló nanoszerkezetet, azaz egy úgynevezett kompozitot, amelybe beleeresztették a fehér fényt. Megfigyelték, hogy ha a különböző törésmutatójú részek ismétlődési távolsága valamelyik szín hullámhosszával megegyezik, akkor az másképpen terjed ebben a nanokompozitban, mint a többi szín.

Ha például a Nap rásüt, akkor a kék színű fény visszaverődik róla, a többi viszont áthalad rajta, színessé válik anélkül, hogy festékanyag vagy pigment lenne benne. Ha a zöldből mondjuk, piros festéket akarunk varázsolni, ahhoz az szükséges, hogy a színt adó molekula szerkezetét megváltoztassuk.

Ez gyakran bonyolult kémiai és biokémiai folyamatokat feltételez. A nanokompozit esetében csak az ismétlődési távolságot, vagy a nanokompozitot alkotó két anyag törésmutatójának különbségét kell módosítani.

Hogy miként történhet ez? Például ha leöntjük a lepkék szárnyain is előforduló kitin-levegő nanokompozitot alkohollal, akkor a színe kékről zöldre változik, mert az alkohol elfoglalja a levegő helyét a kompozitban, és így megváltozik a törésmutatók egymáshoz való viszonya. Ez olyan szerkezet, mint a szivacs, amely anyagból (kitinből) és kis törésmutatójú levegőből áll. Ha a levegőt alkohollal cseréljük, a törésmutató-különbség megváltozik.

### **Félmilliárd éves rejtőszín**

Míg a kutatók csupán 20 évvel ezelőtt jósolták meg – elméleti számolások alapján – ezeknek a fotonikus nanoszerkezeteknek a lehetséges létezését, a biológiai evolúció viszont már 500 millió éve alkalmazza ezeket, azaz a szerkezeti színeket. Az élőlények mindennapjaiban komoly szerepet játszanak a színek: a rejtőszín a túlélés, a szexuális jelzőszín a szaporodáshoz szükséges kommunikáció eszköze. Ha valamelyik egyednek nem megfelelő a színe, nehezen talál párt magának, kevesebb az esélye, hogy tovább tudja adni a géneket a következő generációnak, így akár egész fajok tűnhetnek el a Földről. De ugyanez előfordulhat, ha a rejtőszín nem megfelelő: az egyes egyedek azelőtt áldozattá válnak, mielőtt szaporodni tudnának.

Fizikus létére érdekes biológiai kísérletekhez vezette a színek vizsgálata Biró professzort és munkatársait. Mivel Európában, így hazánkban is a legelterjedtebb nappali lepkék közé tartozik a boglárkalepkék családja, a Magyar Természettudományi Múzeumtól kértek ilyen, gyűjtők által följánlott példányokat. Kilenc hasonló színű pillangófaj mintegy 100 egyedét vizsgálták meg, melyek szárnyfelszínén kékes árnyalatú szexuális jelzőszín, szárnyuk fonákján pedig barnás mintázatú rejtőszín a jellemző. A lepkegyűjtők a fonák bonyolult mintázata alapján ismerték föl az egyes fajokat, tehát a lepkefajok egyedi szín és mintázat révén különböztethetők meg. Ugyanakkor igencsak kérdéses, hogy repülés közben a lepkék képesek lennének egymás bonyolult mintázatait észlelni és felismerni. A fizikusok készítettek egy olyan szoftvert, amely szimulálja az agy működését. Ennek a neurális hálózatnak a segítségével megvizsgálták ennek a kilenc fajnak az egyedeit jellemző, kékes árnyalatú szexuális jelzőszíneket. Az eredmény: 96 százalék pontossággal föl tudták osztani a megfelelő fajokra őket, mert mindegyik jellegzetes kék színét a fajra jellemző nanoszerkezetek adják meg. Vannak olyanok, amelyek valamelyest hasonlítanak egymásra, de ezzel a módszerrel meg lehet különböztetni őket. A természet még egy új ismerettel gazdagította a kutatókat: kiderült, hogy a hasonló színű lepkék az év különböző szakaszaiban repülnek, ezzel is csökkentve a téves szexuális kommunikáció esélyét. A gyűjtők jóvoltából a fizikusok azt is

megtudták, hogy milyen színű lepkékre mikor, hol, milyen tengerszint fölötti magasságban leltek rá.

A májustól szeptemberig tartó vizsgálatok során megállapították, hogy a hasonló színű fajok egymástól eltérő időszakban repülnek. Emellett elektronmikroszkópos felvételekkel föltárták a nanoszerkezetek jellemzőit. Kiderült, hogy mindegyik színhez egy rá jellemző szerkezet társítható. Ez azt jelenti, hogy hasonló elvek szerint felépített szerkezeteket létrehozva és az egyes szerkezetek jellemző paramétereit változtatva, tetszés szerinti színeket is elő tudunk állítani. Az így létrehozott színek fontos tulajdonsága, hogy minél erősebb megvilágítás esik rájuk, annál élénkebb színt látunk, ellentétben a mobiltelefonok képernyőjével, amely napfényben szinte láthatatlan. Mivel a pillangók a színükkel kommunikálnak, életbevágó számukra, hogy észrevehetőek legyenek szaporodás idején. Az a felismerés, hogy a lepkék kitinből fölepült szárnya tulajdonképpen kémiaiilag cellulózhoz hasonló biopolimer, lehetővé teszi, hogy festés nélkül, gombnyomásra változtassunk meg színeket. Nem csoda, hogy a kozmetikusok, a textilipar figyelemmel kíséri ezeket a kutatási eredményeket.