



Braun Tibor

■ ELTE Kémiai Intézet, MTA Könyvtár és Információs Központ | braun@mail.iif.hu

A bioásványosodás kémiája

A gyöngyháztól az igazgyöngyökig

Előszó

Az angol *biomineralization* szóra nem találtunk szótárban és/vagy adatbázisokban magyar nyelvű fordítást. Ezért a *bioásványosodás* mellett döntöttünk, és úgy tekintjük, hogy a *bioásványosodás* az a folyamat, amelynek során élő szervezetek kemény, ásványszerű szövetet képeznek, illetve raknak le. Az eredmény mindig valamilyen szervetlen ásvány és biológiai összetevő, például fehérjék, szénhidrátok, lipidek kombinációja. Még általánosabban: olyan folyamatról van szó, amelyben élő szervezetek oldatbeli ionokat változtatnak szilárd ásványokká. Ehhez a definícióhoz hozzá kell tennünk, hogy a konvertálás olyan sejttevékenység, ami lehetővé teszi az ásványképzéshez és kristálynövekedéshez szükséges fizikai és kémiai változásokat. Ez a jelenség rendkívül széles körű, és a *taxonómiai világ* (*taxonomic kingdom*) mind a hat változatában, azaz az állatvilág, növényvilág, gombák, paraziták, archeobaktériumok és eubaktériumok esetében jelen van. Ezek-

ben az élő szervezetekben több mint 60 ásványt azonosítottak [1].

Taxonómiai eloszlás szempontjából a leggyakoribb bioásványok a foszfátok és karbonátok, amelyek szerves polimerekkel, például kollagénnel és kitinnel együtt alakítják ki a kagylóhéjak szerkezeti összetevőit.

Bevezetés

Ebben a dolgozatban a *biogenikus kompozitanyagokkal* foglalkozunk dióhéjban. Szokatlan tulajdonságaik miatt nagyon régóta felfigyeltek rájuk, és később a bioásványosodás modelljévé váltak. A puhatestűek kagylói nagy arányban kalcium-karbonáttal állnak, míg a maradékot a szerves összetevő képezi. A puhatestűek kagylójában szakosodott fehérjék biztosítják a kristályok nukleálását, a fázist, morfológiát és a növekedés dinamikáját, így végső soron együttesen létrehozzák a kagylók jelentős mechanikai szilárdságát.

Gyöngyház

A gyöngyház (*nacre, mother-of-pearls*) bizonyos puhatestűek héjának belsejében található kemény, színjátszó szerves-szervetlen nanokompozit anyag, ami erős, kemény, rugalmas, szivárványszínű és magas a törési ellenállása. 300–1500 nm vastag kalcium-karbonát (aragonit-) lapkákból és szerves anyagból áll. Úgy tűnik, hogy ez utóbbi ragasztóanyagként működik [2,3]. SEM (scanning electron microscopy) vizsgálatok kimutatták, hogy a kalcium-karbonát lemezszerűen áll össze, és a szerves mátrixban téglaszerűen alakul ki a szerkezet. Vita van arról, hogy nem kitin, hanem *conchiolin* képezi a mátrixot (1. ábra).

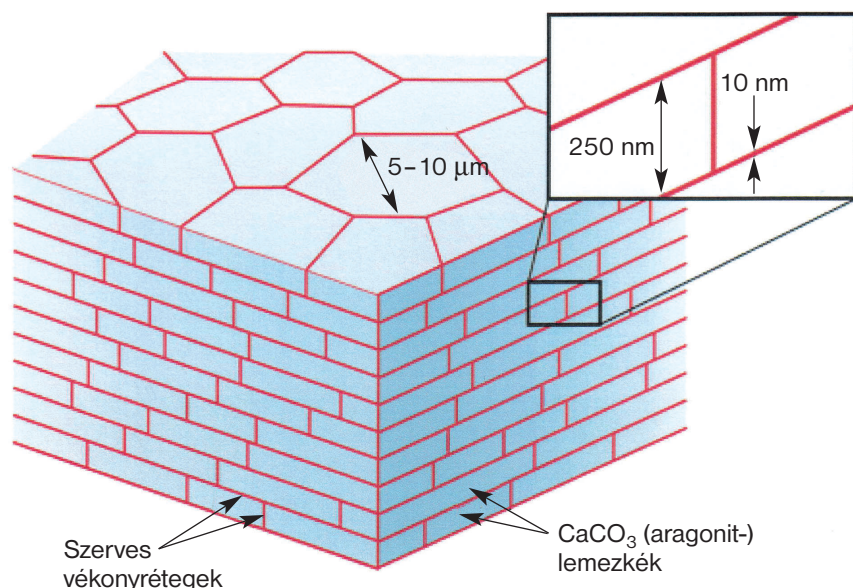
A gyöngyház szépsége és mechanikai tulajdonságai egyaránt magas szervezetszerű szerkezetének, valamint hierarchikus építésmódjának tulajdonítható (2. ábra).

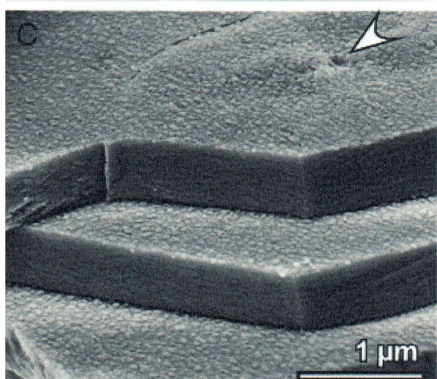
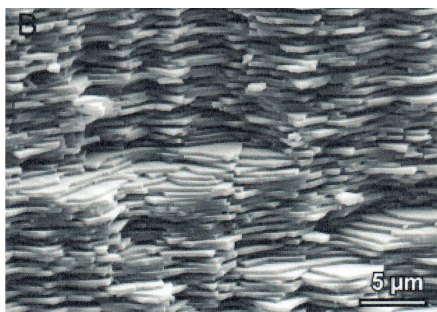
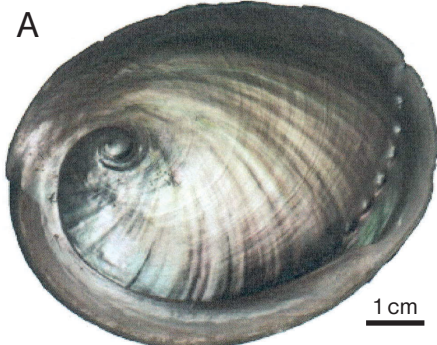
Nem feledkezhetünk el a már említett puhatestűek (*Mollusca*) fajtáiról, illetve azok gyöngyház- és gyöngyképző képességéről. Ezt a 3. ábra mutatja be. Természetesen a gyöngyház vizsgálatáról, az azzal kapcsolatos tudományos kutatásról még rengeteg részlet érdemelne említést. Ettől, helyhiány miatt, itt eltekintünk, de hivatkozunk egy rendkívül alapos összefoglalóra [2]. Az azonban feltétlenül elmondandó, hogy a gyöngyház számos gyakorlati alkalmazást kapott, ezekből itt hangsúlyozandó alkalmazása dísz tárgyak dekorálása (4. ábra) [5].

Igazgyöngyök

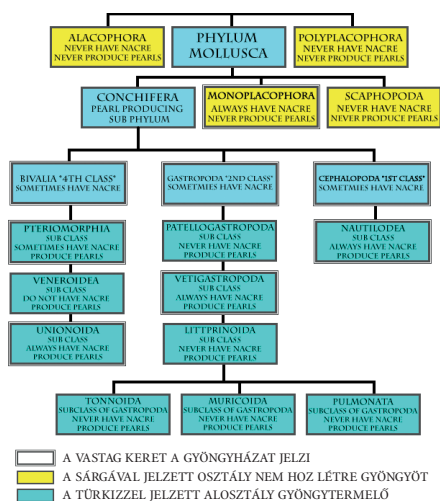
Az igazgyöngyöket természetes gyöngyöknek is nevezik. Ezek körkörös héjából létrehozott kemény biogén gömbszerű féldrágakövek, amelyeket az említett puhatestűek választanak ki sérülések és szervezetükbe kerülő idegen anyagok ellen védekezve (5. ábra). A puhatestűek biogenikus természetes gyöngyképzési tulajdonságát kihasználva a kutatók rájöttek, hogy mesterséges

1. ábra. A gyöngyház szerkezete





2. ábra. A *Helios lacrigata* gyöngyház szerkezete és szírványszíne [3]

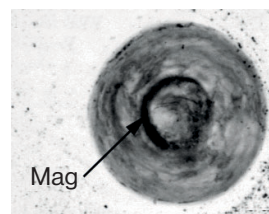
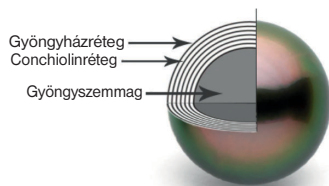


3. ábra. Puhatestűek gyöngyház- és kagylóképzési képessége [4]

gyöngyök is előállíthatók, kialakíthatók úgy, hogy a kagylókat kinyitva apró, idegen, kemény szemcsét (például homoksze-



4. ábra. Gyöngyházak díszítései [5]

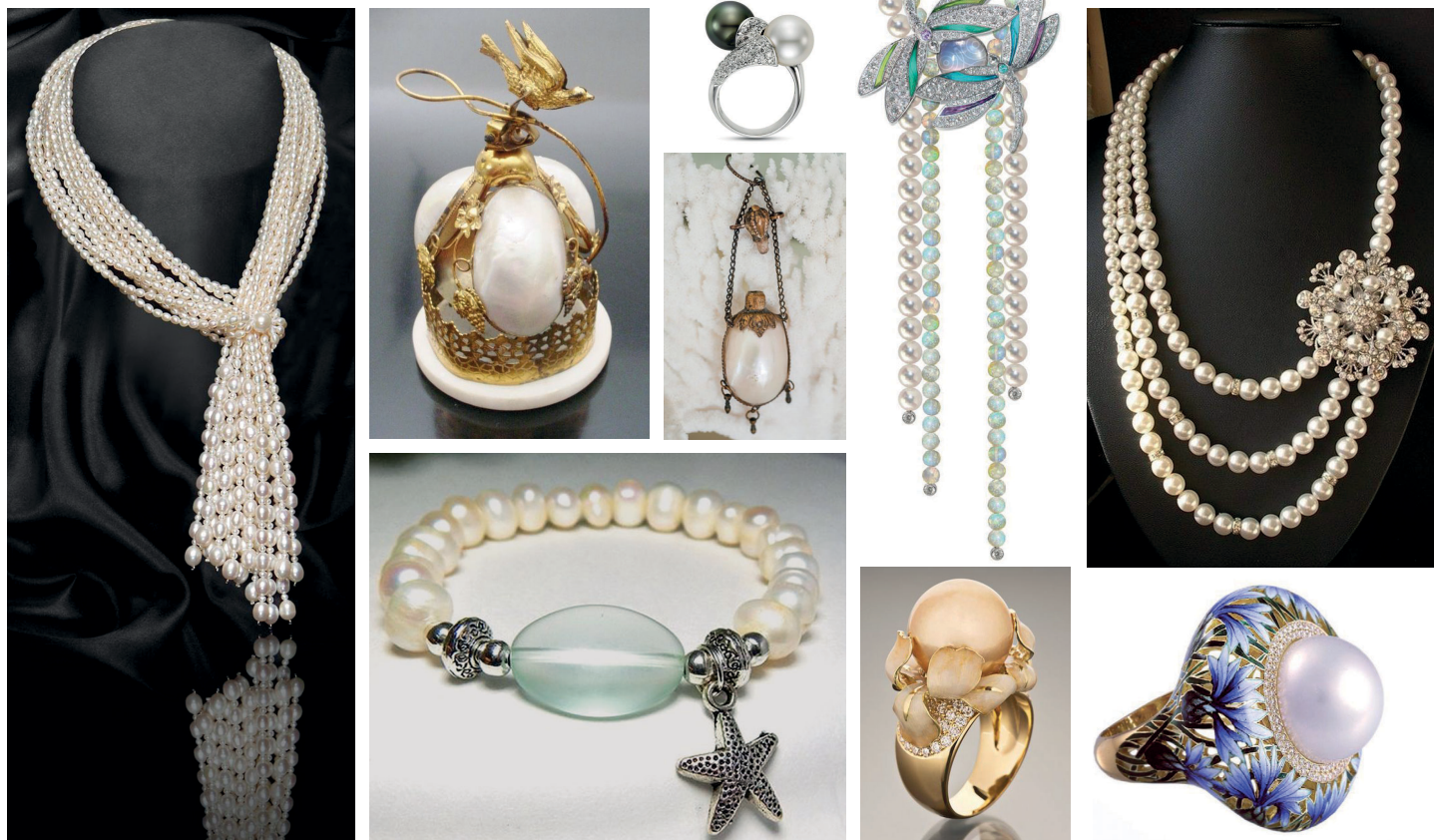


5. ábra. Mesterséges és igazgyöngyök

met) helyeznek a puhatestűre. Ennek eredményeként a puhatestű a szemcsét gyöngyházzal vonja be, gyöngyöt alakít ki (5. ábra). Az ilyen gyöngyöket mesterséges vagy tenyésztett gyöngyöknek nevezik. Az igazgyöngynek és mesterséges válfajainak különböző változatai ismertek úgy sósvízi, mint édesvízi eredetük szerint.

Gyöngyök minősége

A gyöngyök minőségét és ezáltal értékét több kritérium jellemzi: szín, fény (csillogás), felülethiba, forma és méret. Ezek közül a legfontosabb ismérvek a fény és a gyöngyház. A fény kritériuma a felület textúrájára vonatkozik. A gyöngyház jelleg a gyöngy



jellemző interferenciaszínére utal. A jó minőségű igazgyöngyök és mesterséges gyöngyök gyöngyházrétege a mag körül elhelyezkedő nagyszámú rétegből áll **(5. ábra)**. A fény interferenciát okoz a gyöngyházrétegben, és ez az interferenciaszín lágy fényhatást eredményez. A jó minőségű gyöngy magja általában enyhe zöld színű. Ha a gyöngyházréteg vékony és törekeny, a gyöngy elmosódott fehér fénnel jelentkezik. Az igazgyöngy színét az azt termelő puhatestű faja határozza meg. A mesterséges gyöngyök színét a behelyezett idegen anyag (szemcse) is meghatározhatja. Ha a szemcse mellé egy körülbelül egy milliméteres donor puhatest-darabot is tesznek, fekete színű gyöngyök is képződhetnek. A fentiek mellett a nyomelemek miatt a vízben levő vas, magnézium, alumínium stb. jelenléte is befolyásolhatja a gyöngy színét.

Annak ellenére, hogy mint említettük, a gyöngyökkel kapcsolatos tudásról a tudományos kutatás sok mindent kiderített, jócskán akadnak még tisztázásra váró részek. Ezek egyike például az, hogy a gyöngyök egy része hogyan jön létre tökéletes gömbként. Emellett a gyöngyök más for-

mái is kialakulhatnak, sőt egyes gyöngyökön kis körök, gyűrűk és más hibák is képződhetnek. A fentiek azt sejtetik, hogy képződésük folyamán a gyöngyök forognak. Nem könnyű egy ilyen folyamatot a kagyló belsejében kideríteni, de ez nemrégiben egy nemzetközi kutatócsoportnak sikerült [6].

A gyöngyökből általában ékszerek készülnek (**6. ábra**), és elismerik, hogy a gyémántok után az igazgyöngyök az ékszerek leggyakoribb és legdrágább díszítői. A történelem folyamán „az ékkövek királynőjeként” tisztelt igazgyöngyök jelentősebb vonzerőt és csábítást jelentettek, mint képzelnénk. A mesterséges (tenyésztett) gyöngyök feltalálása, „felfedezése” (az 1900-as évek eleje) előtt az igazgyöngyök annyira ritkák és drágák voltak, hogy tulajdonlásuk kizárólag a nemesek és a nagyon gazdagok számára volt lehetséges. A Római Birodalom fénykorában, amikor az igazgyöngy-láz elérte a csúcst, a történész *Suetonius* megírta, hogy *Vitellius* római tábornok egy teljes katonai hadjáratot az édesanyja nyakékéből származó egyetlen igazgyöngyszem eladásából finanszírozott. Egy legenda szerint *Krisna*, a hindu isten egy

tengerből kiemelt kagylóban találta meg az első igazgyöngyöt, amelyet *Pandai* lánya nászajándékként nyújtott át neki. Egyiptomban már körülbelül i. e. 4200 körül használtak igazgyöngyöket ékszerként. *Caligula* római császár, miután lovát konzullá ki-nevezte, igazgyöngy nyakláncsal is kitüntette.

Végül talán érdemes megemlíteni: annak ellenére, hogy jelenleg számos helyen termelnek, illetve tenyésztenek mesterséges gyöngyöket a világon, és azok sokak számára hozzáférhetővé váltak, a valódi igazgyöngyök ékszerekben még ma is nagyon jelentős értéket képviselhetnek.

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Biom mineralization>
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Nacre>
- [3] F.Heinemann, M.Launspach, K.Gries, M.Fritz, *Gastropod nacre: structure, properties and growth – biological, chemical and physical basics*, *Biophys Chem.* (2011) 153, 126.
- [4] [http://www.pearl-guide.com/forum/content.php?102-Pearl-Producing-Mollusks-\(Molluscs\)&s=03273aba4207bbd26ff6e3d875b39fa9](http://www.pearl-guide.com/forum/content.php?102-Pearl-Producing-Mollusks-(Molluscs)&s=03273aba4207bbd26ff6e3d875b39fa9)
- [5] <https://hu.pinterest.com/pin/320881542175748045/>
- [6] Y.Gueguen, Y. Czorlich, M. Mastail, B. Le Tohic, D. Defay, P. Lyonnard, D. Marigliano, J-P. Gauthier, H. Bari, C. Lo, S. Chabrier, Moullac, Yes, it turns: *experimental evidence of pearl rotation during its formation*. *Royal Soc. Open Publ.* (2015) 150144.