

Varga Margit

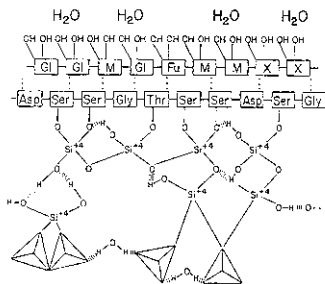
## Élettelen az élőben. Bioásvány-képződés

(Készült az ALKÍMIA MA c. sorozat 2013. október 17-i, az ELTE Kémiai Intézetében tartott előadása kapcsán.)

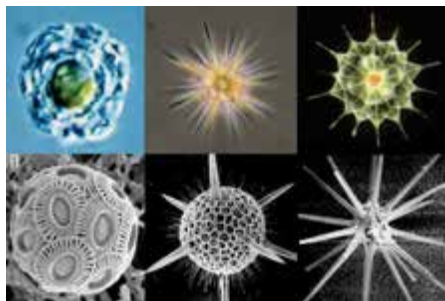
Mióta az ember öntudatra ébredt, tanulmányozza a környezetében előforduló jelenségeket, és kutatja a mögöttük rejlő törvényszerűségeket. Az ősember csontokból, fogakból vagy éppen kagylók héjából készített eszközöket vagy dísz tárgyakat. Ezek közül sok a mai napig fennmaradt, bepillantást engedve számunkra, távoli ősök számára, egy letűnt kultúrába. Talán mi magunk sem gondolunk arra a hétköznapi élet rohanó tempójában, hogy számtalan élőlény létezése elképzelhetetlen lenne a bioásványok nélkül. A bioásvány-képződés egy olyan biológiailag szabályozott folyamat, amely meghatározott céllal, vízben rosszul oldódó ásványok kialakulását eredményezi egy biológiai rendszerben.

A bioásványok feladata igen sokrétű. Lehetnek külső vagy belső szilárd vázak (pl. csontok, héjak), védelmi célokat ellátó képződmények (pl. tüskék, agyarak, agancsok), a táplálék megragadására szolgáló szervek (pl. fogak, csőr, karmok), érzékszervek alkotórészeit képező kristályok, de az emberi szervezetben előforduló meszesedést vagy kőképződést is ide soroljuk. A legtöbb bioásvány szerves és szervetlen alkotórészekből álló összetett rendszer. A szervetlen összetevő legtöbbször kalcium- vagy magnézium-karbonát vagy -foszfát, valamint polimerizált kovásv. A szervetlen komponensek biztosítják a keménységet, szilárdságot, nyomás-ellenállóságot. A szerves komponensek pedig, amelyek proteinekből vagy szénhidrátokból állnak, garantálják a rugalmasságot, nyújthatóságot, hajlítási és törési ellenállást. A szerves alkotórészeknek ezen kívül sablonként szolgálnak a lerakódások számára, gyakran meghatározva ezzel azok alakját, formáját és helyét.

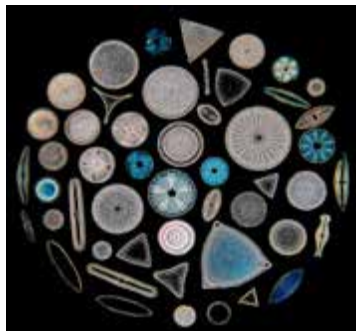
Kalandozásunkat az egysejtűek világában kezdjük. A tengeri egysejtűek



A kovamoszatok vázának szerkezete



*Tengeri egysejtűek (fenn) és vázaik (lenn). A váz anyaga balról jobbra kalcit ( $\text{CaCO}_3$ ), polimerizált kovasav ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), celesztit egykristály ( $\text{SrSO}_4$ ).*



*Változatos kovamoszatvázak*

változatos vázakat és védelmi berendezéseket hoznak létre bio-ásványokból, de pl. kovamoszatokat a Dunában is találunk. A kovamoszatok váza szerinből és treoninból álló fehérje sablonon épül ki. A kovasav az aminosavak hidroxilcsoportjaihoz kapcsolódik vízkilépéssel. A szerin és treonin sorrendje és mennyisége megszabja a váz szerkezetét. A fehérjét kívülről poliszacharid réteg burkolja be.

A vízi élőlények  $\text{CaCO}_3$ -vázainak kiépülése a fotoszintézis következményének is tekinthető, mivel ha a vízben oldott szén-dioxid asszimilálódik, a környezet pH-ja emelkedik, és ez kedvez a  $\text{CaCO}_3$  kiválásának.

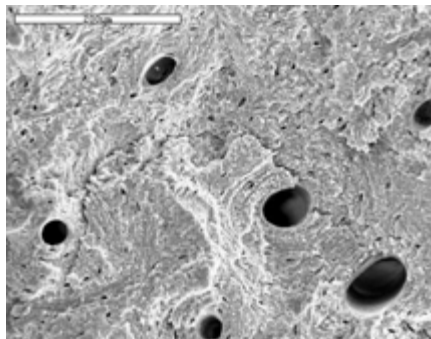


*A korallak (balra) és a kagylók (jobbra) vázai aragonit módosulatú  $\text{CaCO}_3$ -ból állnak.*

A korallak már több millió éve alakítják a Föld felszínét szigeteket, zátonyokat alkotva. Jelenleg a szén-dioxid-koncentráció légköri

növekedése a tengervíz szénsavtartalmát emeli, ami a pH csökkenése miatt a korallvázak pusztulásához, feloldódásához vezethet. Ez a folyamat már megfigyelhető a Csendes-óceánban a Nagy-korallzátony térségében.

A gerincesek csontozata, amelynek a szervesen összetevője mikrokristályos hidroxipatit [ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ], egy rugalmas, rostos fehérje (kollagén) sablonon képződik bonyolult biokémiai (hormonális) és fizikai-kémiai szabályozás hatására. A szerves és a szervesen alkotórészek összekapcsolásában a  $\text{Ca}^{2+}$ -ionok nélkülözhetetlen szerepet játszanak. A csontszövetet teljesen átszövik a kollagén rostjai. A csontszövetben látható központi csatornában futnak az erek és az idegek.



*A csont mikroszkopikus felépítése*

A fogzatban a hidroxidcsoportok helyett nagyon kis mennyiségben (30-3000  $\mu\text{g/kg}$ ) fluoridionok állnak. A fluoridnak fontos szerepe van a fogromlás megelőzésében. Savas oldatok hatására a fogakat védő fogzománc oldódni kezd és föllazul. Az így képződött üregekben baktériumok szaporodhatnak el, és megkezdődik a fogszuvasodás. A csontszövetben még találhatóak élő sejtek, ezért törés esetén a csont kijavítható. A fogzománc azonban 90%-ban szervesen alkotórészekből tevődik össze, élő sejteket nem tartalmaz, ezért természetes regenerálódása nem lehetséges.

Kevésbé köztudott, hogy a bioásványok az érzékszervekben is megtalálhatók. Az emberi belső fülben található egyensúlyérzékelő szerv pl. szabályos  $\text{CaCO}_3$  kristályokat tartalmaz, amelyek elmozdulását az idegrostok érzékelik. Kalcium-anyagszerezavar esetén (pl. idősebb korban) a kristályok oldódni kezdenek, ami egyensúlyérzékelési

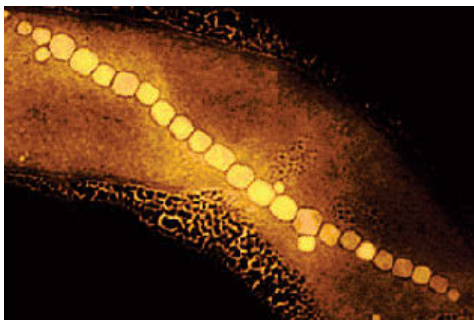


*Bioásvány érzékelők.*

*$\text{CaCO}_3$  kristályok emberi belső fülben*

problémákkal jár.

Baktériumok, halak, madarak magnetitből ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) álló kristályokat növesztenek, amelyek úgy viselkednek, mintha parányi mágnesek lennének, és a Föld mágneses terének érzékelésére szolgálnak. A biomagnetit kristály formája jellegzetes eltérést mutat a természetes ásványétól.



Bioásvány érzékelők. Mágneses teret érzékelő kristályok ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) baktériumok sejtfalában

A bioásványok tanulmányozásának fontos szerepe van az élő szervezetek felépítésének (morfológiájának) mélyebb megértésében. Az ezzel foglalkozó tudományok a biológia, biokémia, bioszervetlen kémia stb. Az élet korai formáiról rendelkezésre álló tudásunk az őskövületeken alapul, ami az őslénytan (paleontológia) tárgykörébe tartozik. A bioásványokkal kapcsolatos ismereteink felhasználhatóak a gyógyításban (csontpótlás, kőképződés tanulmányozása), továbbá a bioásványok mesterséges utánzása új anyagok előállításához és biotechnológiai alkalmazásához vezethet. Mindezeken túl, ez a tudomány megtanít bennünket a szerves és a szervetlen vegyületek harmonikus összjátékának, a természet, az élővilág szépségeinek csodálatára.

### Irodalom:

- J. J. R. F. Silva, R. J. P. Williams, *The Biological Chemistry of the Elements*, Clarendon Press, Oxford, 1991, 467–494
- Varga Margit, *Bioszervetlen kémia (egyetemi jegyzet)*, Eötvös Kiadó, Budapest, 2005. 59–71
- M. E. Marsh, Regulation of  $\text{CaCO}_3$  formation in coccolithophores, *Comparative Biochemistry and Physiology B* **136**, 2003, 743–754
- D. J. Norris, Materials science: Silicon life forms, *Nature* **446**, 2007, 146–147
- L. Yana, S. Zhanga, P. Chen, H. Liu, H. Yin, H. Li, Magnetotactic bacteria, magnetosomes and their application, *Microbiological Research* **167**, 2012, 507–519