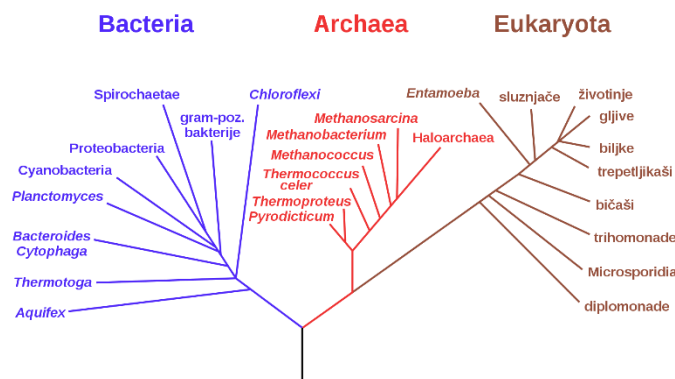


Što su Archaea?

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Mnogi misle kako mikroorganizmi uzrokuju samo infekcije i bolesti, osim možda nekoliko vrsta dobrih koji žive u nama i pomažu nam, između ostalog u probavi hrane. Istina je puno drugačija. Naime mikroorganizmi su ogromna grupa raznolikih živih bića mikroskopske veličine od kojih velik broj ima vitalnu ulogu u funkcioniranju života na našoj planeti Zemlji kao što su npr. ekološki procesi poput uklanjanja CO₂ iz atmosfere, ili recikliranja otpadnih materijala i hranjivih sastojaka u tlu i vodi itd. Mnoge vrste mikroorganizama nisu još otkrivene, ili se malo zna o njihovom djelovanju i funkcijama, a u takve spadaju i arheje (Archaea).

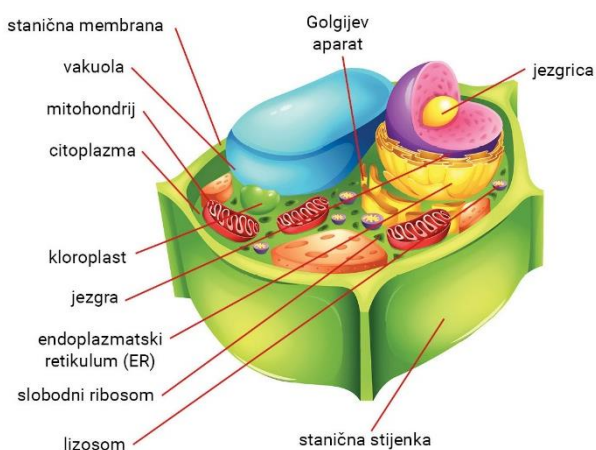
Arheje su, pored eukariota i bakterija, posebna domene živih bića (Slika 1.). Sve arheje i bakterije su prokarioti, mikroorganizmi (živa bića koja se ne mogu vidjeti golim okom), dok eukarioti sadrže nasljedni materijal smješten u jezgri (*nucleus*) koji je obavijen posebnom dvostrukom jezgrinom membranom (Slika 2.). Unutar stanica eukariote sadrže brojne stanične organele koje nemaju jednostavni stanični organizmi *prokarioti* (osim *ribosoma*), npr. *endoplazmatski retikulum*, *Golgijev aparat*, *lizosome* i dr. Eukarioti su životinje, biljke, gljive i neki drugi organizmi koji se nazivaju i *protisti*, a neke od eukariotskih skupina pripadaju mikroorganizmima).



Slika 1. Filogenetsko drvo života

Premda se bakterije i arheje čine prilično sličnima (donedavno su ih svrstavali u *Archaeobacteria*), molekularne i genetske razlike između arheja i drugih živih bića su duboke (Slika 3.) i drevne (na Zemlji postoje ~3,5 milijardi god.) tako da opravdavaju svrstavanje Arheja u posebnu domenu.

Arheje su česti mikroorganizmi u ekstremnim, negostoljubivim okruženjima (u kojima žive često i mnoge bakterije). Podnose ekstremne vrućine (iznad 100°C), niske temperature, kiselu ili alkalnu sredinu, velike dubine oceana pa čak i izlaganje gama ili UV zračenju. Uvjeti u kojima žive nisu često pogodni za proučavanje živih bića u prirodnom okruženju pa još uvijek ima velik broj nepoznanica o životu i funkcijama arheja.



Slika 2. Model biljne stanice

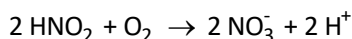
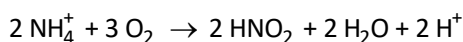
Arheje su uglavnom prilično kooperativne te žive u dobrim međusobnim odnosima s drugim živim bićima (tzv. *mutalizam* ili interaktivnost dvije ili više različitih vrsta od kojih obje, ili više njih imaju korist). Npr., ogroman broj arheja koje proizvode metan (*metanogene arheje*) kao nusprodukt žive u ljudskom probavnom sustavu i pomažu u rješavanju viška vodika koristeći ga za proizvodnju energije za održavanje vlastitog života. Ipak je to osjetljiva ravnoteža pa prisutnost arheja u ljudskom gastrointestinalnom traktu također može biti u nekim slučajevima povezana s bolestima.

Mnogi oblici arheja mogu koristiti isključivo anorganske tvari (npr. vodik, ugljični dioksid ili amonijak) za vlastiti metabolizam dok većina ostalih živih bića zahtijeva barem neku vrstu organskog materijala za proizvodnju energije i vlastite organske tvari.

Organski ostaci biljaka i životinja u tlu podliježu u prirodni procesu mineralizacije čiji intenzitet poglavito ovisi o mikrobiološkoj aktivnosti ili biogenosti tla. Mineralizacija je stupnjevana enzimatska konverzija organske tvari u tlu uz oslobađanje mineralnih elemenata ishrane:

- aminizacija (Organska tvar \rightarrow R-NH₂ + CO₂ + produkti razlaganja + energija),
- amonifikacija (R-NH₂ + H₂O \rightarrow NH₃ + R-OH + energija),
- nitrifikacija (2NH₄⁺ + 4O₂ \rightarrow 2NO₃⁻ + 2H₂O + 4H⁺), a u reduktivnim (kiselim) uvjetima i
- denitrifikacija uz gubitak dušika u plinovitom obliku (N₂ i/ili N₂O).

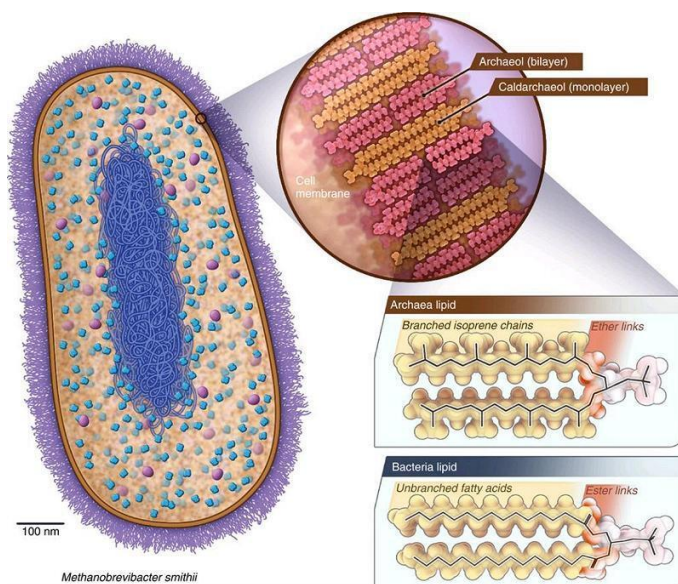
Različite organske tvari ne razlažu se istim intenzitetom, što ovisi o njihovim kemijskim svojstvima, uvjeta koji vladaju u tlu i prisutnosti potrebne grupe mikroorganizama. Prvi korak u nitrifikaciji izvode bakterije koje oksidiraju amonijak i poznate su više od 100 godina:



Suvremen *metagenomska ispitivanja* (*metagenomija* proučava genetski materijal izravno iz uzoraka okoliša pa se često naziva *genomikom okoliša*, *ekogenomikom* ili *genomika zajednice*) nedavno su pokazali da su mikroorganizmi iz domene arheja također sposobni izvesti oksidaciju amonijaka. Zapanjujuće je da su pripadnici ove skupine *amonijak-oksidacijskih arheja* (AOA) veoma prisutni u okolišu i najčešće premašuju poznate oksidacijske bakterije u morima i tlu. Molekularne studije ukazuju na to da su AOA među najrasprostranjenijim organizmima na našem planetu, prilagođeni su svim okruženjima, ali prisutni i u onima koji se smatraju ekstremnima, poput vrućih izvora. [Podaci iz prvih dostupnih genoma AOA ukazuju da se njihov metabolizam bitno razlikuje od metabolizma njihovih bakterijskih suparnika.](#)

Nitrifikacija amonijskog iona do nitrata ključna je komponenta ciklusa dušika u tlu, ali istovremeno doprinosi ogromnim gubicima gnojiva atmosferskim emisijama stakleničkih plinova kao što je N₂O kroz proces [denitrifikacije](#) i [ispiranjem nitrata](#) u podzemne vode. Međutim, funkcionalno dominantni nitrifikatori, kao i temeljni mehanizmi nitrifikacije u kiselim tlima kojih je u je u RH više od 60 %, dugogodišnja su tajna koja znanstvenike zbunjuje više od 100 godina. Nedavnim napretkom u *metagenomici* i izolaciji *acidofilnih arheja* koje oksidiraju amonijak (AOA) i to bi moglo biti uskoro razriješeno. Naime, nova istraživanja potvrđuju pretpostavku o pretežnoj ulozi AOA u kontroli amonijeve oksidacije u kiselim tlima, što je radikalno revidiralo prethodnu mišljenje da oksidaciju amonijskog dušika u tlu isključivo reguliraju autotrofni AOB (*Amonij-oksidirajuće bakterije*), a povremeno i *heterotrofni nitrifikatori*. Otkrivanje ovog ključnog procesa u široko rasprostranjenim kiselim tlima pomoglo bi u razvoju učinkovitih bioloških strategija za bolje upravljanje prometom i ravnotežom dušika u tlu.

U Osijeku, 23. prosinca 2020. god.



Slika 3. [Anatomija Archaea](#) (u središtu je DNA stanice; male plave točkice su ribosomi).