



K. Bule*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Sveučilišta u Zagrebu
Trg Marka Marulića 19, 10 000 Zagreb

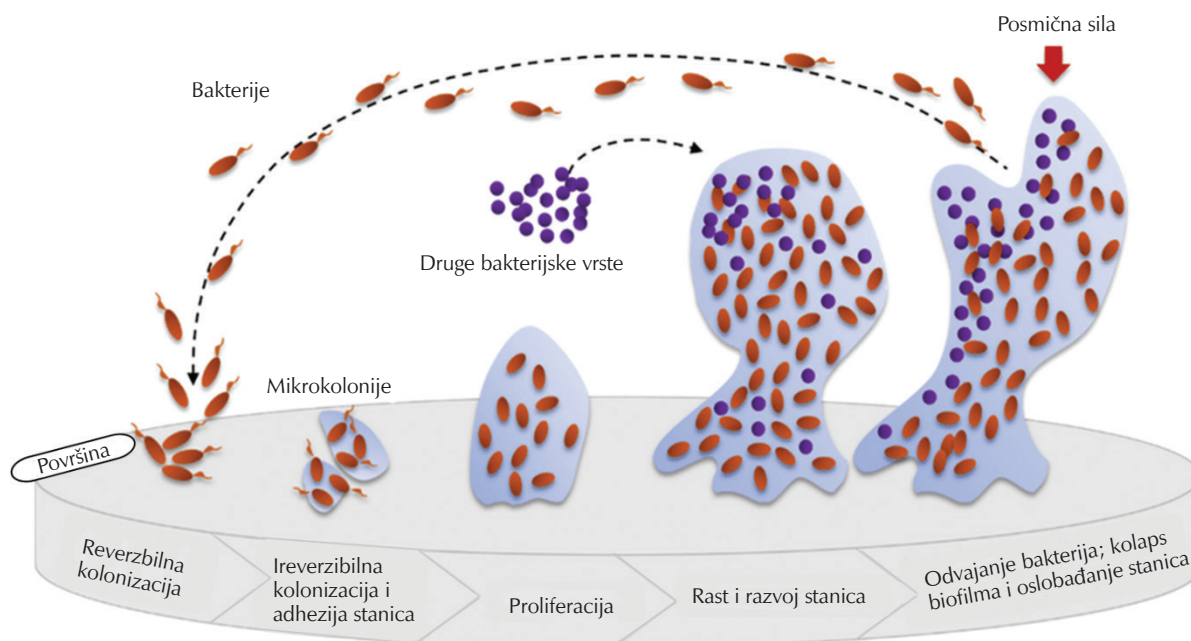
Oportunistički mikroorganizmi – prijetnja ili spas?

Mikroorganizmi su u vrlo velikom broju sveprisutni u okolišu i neizbježni su dio svakog ekosustava. Sastavni su dio biološkog ciklusa i vrlo su bitni za različite procese koji se odvijaju u okolišu. Većina ljudi smatra i poznaje mikroorganizme na Zemlji kao opasne jer se najčešće spominju u kontekstu infekcija i različitih bolesti. Međutim, oni mogu biti i korisni za ljude, životinje i biljke.¹ Najznačajniji učinak mikroorganizama na zemlji je njihova sposobnost recikliranja primarnih elementa koji čine sve žive sustave, posebno ugljik (C), kisik (O) i dušik (N). Primarna proizvodnja uključuje fotosintezu u kojoj organizmi rabe ugljikov dioksid (CO₂) iz atmosfere i pretvaraju ga u organski materijal. Razgradnja ili biorazgradnja rezultira razgradnjom složenih organskih tvari na druge jednostavnije oblike ugljika koje drugi organizmi mogu rabiti za rast i razvoj. Oni mogu biorazgraditi gotovo sve prirodne organske spojeve, ali sintetski organski spojevi, kao što su teflon, plastika, insekticidi i pesticidi, razgrađuju se vrlo sporo ili se uopće ne razgrađuju. Kroz mikrobiološke metaboličke procese organske molekule se na kraju razgrađuju do CO₂ koji se vraća u atmosferu za kontinuirani proces primarne proizvodnje. Stoga, uz sve te prednosti, mikroorganizmi uvelike doprinose održivosti okoliša.²

Mikroorganizmi postoje ili kao slobodne stanice ili su zatvoreni unutar arhitektonske strukture poznate kao biofilmovi.³ Jedno od

poželjnih stanja rasta bakterija je biofilm, koji postoji u više od 90 % bakterija. Biofilmom se smatra grupa mikroorganizama skupljenih u matriks polimernih izvanstaničnih supstancija koje se same izlučuju i pričvršćuju za biotsku ili abiotsku površinu i koje je teško odvojiti nježnim ispiranjem. Biofilmovi se formiraju na velikom rasponu površina koje uključuju živa tkiva, hotele, industrijska mjesta, laboratorije, kanale za otpadnu vodu, kupaonice, stalne medicinske uređaje, a često se nalaze na tvrdim površinama uronjenim ili izloženim vodenoj otopini. Gotovo 99,9 % svih mikroorganizama može razviti biofilmove na biotičkim i abiotičkim površinama. Kohabitacija brojnih mikroba na površini potiče kooperativno ponašanje kao što je metabolička suradnja, prijenos gena i druge sinergije, što dovodi do povećanog potencijala mikroorganizama da prežive i pokažu otpornost na antimikrobna sredstva.³ Prisutnost biofilma na umjetnim površinama daje njegov značaj u odnosu na patogenost, dok stvaranje biofilma na nepoželjnim mjestima može dovesti do medicinskih i industrijskih komplikacija jer pokazuju otpornost na staničnu imunost u domaćinu, antimikrobnim i biocidnim tretmanima.³ Stvaranje bakterijskog biofilma na površini prikazano je na slici 1.

Oportunistički patogeni su skupina mikroorganizama koji obično ne inficiraju zdrave domaćine, ali uzrokuju infekcije u bolnicama, imunodepresivnim osobama ili pacijentima koji imaju osnovne



Slika 1 – Shematski prikaz nastajanja biofilma na površini⁴

* Kristina Bule, mag. ing. oecoling.
e-pošta: kbule@fkit.hr

bolesti kao što je cistična fibroza, koja pogoduje infekciji.⁵ Komenzalne bakterije su jedne od najčešćih oportunističkih patogena. Komenzalne bakterije obitavaju u ili na organizmu domaćina. Jedna od najbolje proučavanih bakterijskih oportunističkih patogena je *Pseudomonas aeruginosa*. Taj mikroorganizam trenutačno je među najčešćim uzročnicima infekcije u bolnicama i glavni je uzrok kroničnih infekcija kod ljudi oboljelih od cistične fibroze.⁵ Osim infekcija izazvanih kod ljudi, ima sposobnost inficirati i druge domaćine poput biljki, crva, kukaca, protozoa i drugih. S druge strane, *P. aeruginosa* je okolišno prisutna bakterija koja ima bogat enzimatski sastav i omogućuje brojne procese nužne za održavanje prirodnog kružnog toka. Osim toga, taj soj ima sposobnost rabiti naftne ugljikovodike kao izvor ugljika za rast i razvoj. Tako se, na primjer, upotrebljava za biorazgradnju plastike i mikroplastike koje su trenutačno gorući problem na globalnoj razini.⁶

Enterococcus spp. su gram-pozitivni, fakultativni, anaerobni koki, koji se nalaze u crijevnoj flori i rjeđe u rodnicu ili ustima. Mogu se pronaći i kod životinja i kukaca te u vodi, tlu, kanalizaciji, biljkama i oranicama.⁷ Neke vrste enterokoka su komenzalne, mogu stimulirati imunološki sustav i imaju znatan utjecaj na održavanje crijevne homeostaze. Isto tako, enterokoki imaju ulogu u prehrambenoj industriji kao početna kultura uključena u fermentaciju mesa i sireva, a upotrebljavaju se i za očuvanje hrane. *Enterococcus faecalis* i *Enterococcus faecium* najčešće su vrste koje se nalaze kod ljudi.⁷ Kao komenzali, enterokoki koloniziraju probavni sustav i sudjeluju u modulaciji imunološkog sustava kod ljudi i životinja. Dugi niz godina referentni sojevi enterokoka upotrebljavaju se kao probiotički aditivi u hrani ili se preporučuju kao suplementi za liječenje crijevnih i drugih bolesti kao što su kronične i ponavljajuće infekcije gornjih dišnih puteva, mokraćnog sustava, lezije kože ili kronične bolesti sinusa.⁷ Međutim, enterokoki se također smatraju i oportunističkim patogenima. Stoga je upotreba sojeva *Enterococcus* kao probiotika nedavno postala kontroverzna zbog lakoće stjecanja različitih čimbenika virulencije i otpornosti na različite klase antibiotika.⁷ Istraživanja sugeriraju da oni mogu imati ulogu u razvoju tumorigeneze debelog crijeva. Neke zemlje zabranjuju enterokoke bez obzira na njihova pozitivna svojstva, dok ih druge prihvaćaju unatoč tome što u određenim situacijama predstavljaju prijetnju. Pristup enterokoku razlikuje se od zemlje do zemlje, stoga je važno standardizirati kriterije koji dopuštaju da se soj smatra korisnim za zdravlje.⁷ Prema Organizaciji za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda i Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji, probiotici su živi mikroorganizmi identificirani na razini soja koji, kad se daju u odgovarajućoj količini, imaju povoljan učinak na zdravlje domaćina. Naravno, u visokim koncentracijama mogu imati štetan učinak na sva živa bića i/ili okoliš.⁷

To je samo mali dio problematike vezane za važnost i opasnost mikroorganizama. Dosad je identificirano tek nekoliko tisuća bakterija, a pretpostavlja se da milijuni različitih vrsta žive na planetu Zemlji. Važno je naglasiti da samo jedan mali dio bakterija uzrokuje bolesti, dok druge, koje žive u ljudskome organizmu, mogu biti vrlo korisne. Osim toga, nužne su za prirodne procese, a mogu se upotrebljavati i za biorazgradnju različitih organskih materijala. Najveća genetička raznovrsnost uočava se među mikroorganizmima, a ipak o njima najmanje znamo.⁸ Ono što je sigurno je da život kakvog poznajemo ne bi mogao postojati bez mikroorganizama. Može se zaključiti da ni mikroorganizmima ne treba suditi na prvu jer svaka priča može, a najčešće i ima dvije strane.

Literatura

1. P. Chowdhary, V. Hare, S. Mani, A. K. Singh, S. Zainith, A. Raj, S. Pandit, Recent advancement in the biotechnological application of lignin peroxidase and its future prospects, *Microorganisms for Sustainable Environment and Health* (2020) 1–16, doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819001-2.00001-2>.
2. A. Gupta, R. Gupta, R. L. Singh, *Microbes and Environment, Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future* (2016) 43–84, doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-1866-4_3.
3. A. Vetrivel, M. Ramasamy, P. Vetrivel, S. Natchimuthu, S. Arunachalam, G.-S. Kim, R. Murugesan, *Pseudomonas aeruginosa* Biofilm Formation and Its Control, *Biologics* 1 (3) (2021) 312–336, doi: <https://doi.org/10.3390/biologics1030019>.
4. A. M. Pinto, M. A. Cerqueira, M. Bañobre-López, L. M. Pastrana, S. Sillankorva, Bacteriophages for Chronic Wound Treatment: from Traditional to Novel Delivery Systems, *Viruses* 12 (2020) 235, doi: <https://doi.org/10.3390/v12020235>.
5. J. L. Martínez, Short-sighted evolution of bacterial opportunistic pathogens with an environmental origin, *Front. Microbiol.* (2014) 5, doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00239>.
6. H. M. Lee, H. R. Kim, E. Jeon, H. C. Yu, S. Lee, J. Li, D.-H. Kim, Evaluation of the biodegradation efficiency of four various types of plastics by *Pseudomonas aeruginosa* isolated from the gut extract of superworms, *Microorganisms* 8 (2020) 1341, doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091341>.
7. B. Krawczyk, P. Wityk, M. Gałęcka, M. Michalik, The Many Faces of *Enterococcus* spp.—Commensal, Probiotic and Opportunistic Pathogen, *Microorganisms* 9 (2021) 1900, doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091900>.
8. F. M. Cohan, What are Bacterial Species? *Annu. Rev. Microbiol.* 56 (2002) 457–487, doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.56.0123>.