

# VAŽNOST ISTRAŽIVANJA MIKROBIOMA VODENIH ORGANIZAMA

dr. sc. Paula Dragičević, izv. prof. dr. sc. Sandra Hudina

## 1. UVOD

Tijekom posljednjeg desetljeća vidljiv je značajan porast u popularnosti istraživanja mikrobioma, što doprinosi prepoznavanju i razumijevanju njegove uloge u organizmima i ekosustavima. Mikrobiom je zajednica svih komenzalnih, simbiotskih i patogenih mikroorganizama (bakterija, gljiva, virusa, fitoplanktona i protista) koji žive unutar nekog organa, tijela ili staništa (Lederberg i McCray 2001). U ekosustavima, mikrobiom sudjeluje u primarnoj proizvodnji, kruženju dušika, fosfora, ugljika i metabolizmu hranjivih tvari (Sehnal i dr. 2021; Panthee i dr. 2022). Ove ključne mikrobne uloge očuvane su u svim ekosustavima iako se sastav, veličina i specifične funkcije mikrobioma razlikuju među ekosustavima. Primjerice, u vodenom ekosustavu, oni ovise o karakteristikama vodnog tijela, kao što su geografska širina, temperatura, dubina, kemijski sastav i stupanj trofije (Sehnal i dr. 2021). Vodeni ekosustavi pod sve su većim pritiskom zbog globalnih antropogenih i prirodnih promjena, uključujući klimatske promjene, eutrofikaciju i onečišćenje. Istraživanje mikrobioma u vodenim ekosustavima može doprinijeti boljem razumijevanju učinaka antropogenih aktivnosti (npr. modifikacije prirodnog okoliša, onečišćenja) na ove ekosustave i poslužiti u razvijanju strategija upravljanja, konzervaciji ili obnovi ekosustava (Labbate i dr. 2016; Taketani i dr. 2021). Nadalje, poznato je da mikrobiom sudjeluje u regulaciji kvalitete vode, a njegove promjene mogu ukazivati na zagađenje ili druge okolišne stresore (Labbate i dr. 2016). Praćenje promjena u mikrobiomu može pomoći u identifikaciji potencijalnih patogenih mikroorganizama i spriječiti širenje bolesti u vodenim organizmima i ljudima koji dolaze u kontakt s tim vodenim okolišem. Općenito, istraživanje mikrobioma vodenih ekosustava ključno je za zaštitu i upravljanje ovim vrijednim resursima.

## 2. MIKROBIOM VODENIH ORGANIZAMA

U živim organizmima dolazi do koevolucije domaćina i njegovog mikrobioma, pri čemu mikrobiom poprima važnu ulogu u metaboličkim i fiziološkim funkcijama, zaštiti od patogena i oblikovanju imunskog odgovora

domaćina (Ahn i Hayes 2021). Mikrobiomi vodenih organizama razlikuju se od vrste do vrste, ovisno o biološkim karakteristikama, tipu prehrane i načinu života, no uvijek se teži postizanju homeostaze između domaćina i njegovog mikrobioma jer odgovarajući mikrobiom doprinosi stabilnoj i uravnoteženoj ekologiji domaćina (Bajinka i dr. 2020). Međutim, u stresnim uvjetima, npr. kod promjene okolišnih uvjeta, vodenih parametara, količine hrane ili pojave zagađenja, može doći do promjena u sastavu i veličini mikrobioma vodenih organizama (Vayssier-Taussat i dr. 2014), što posljedično može dovesti do promjena u funkciji mikrobioma unutar domaćina te narušenog zdravlja vodenog organizma.

Mikrobiomi vodenih organizama relativno su slabo istraženi. Većina postojećih istraživanja fokusirana je na mikrobiom riba i ostalih vodenih kralješnjaka, dok su vodeni beskralješnjaci često zanemareni (npr. Senhal i dr. 2021). Primjerice, školjkaši, puževi i deseteronožni rakovi imaju vrlo važne uloge u kruženju tvari u slatkovodnim ekosustavima, no vrlo su slabo zastupljeni u istraživanjima mikrobioma u usporedbi s ribama (Dragičević i dr. 2021a; Hu i dr. 2021; McCauley i dr. 2021). Nadalje, mikrobiomi divljih populacija u slatkovodnim ekosustavima slabije su istraženi u odnosu na mikrobiome uzgojenih populacija, posebice konzumnih vrsta u akvakulturi (npr. Diwan i dr. 2021; Ofek i dr. 2021). Za potrebe akvakulture, najčešće se istražuju mikrobiomi kože, škrga i crijeva riba, s obzirom na to da ovi organi daju najbolji uvid u zdravlje i stanje životinja u uzgoju (Diwan i dr. 2021). Međutim, mikrobiomi životinja u kontroliranim uvjetima uzgoja značajno se razlikuju od mikrobioma divljih populacija u prirodnim vodenim ekosustavima (Ramírez i Romero 2017), stoga se i zaključci dobiveni na temelju istraživanja životinja u uzgoju ne mogu primijeniti na divlje populacije. Mikrobiom može biti važan indikator zdravlja jedinki i održivosti populacija u prirodi, no s obzirom na iznesenu problematiku, vidljivo je da je trenutno znanje o mikrobiomima divljih populacija beskralješnjaka u vodenim ekosustavima vrlo ograničeno.

### 3. MIKROBIOM SLATKOVODNIH DESETERONOŽNIH RAKOVA

Slatkovodni desetonožni rakovi smatraju se ključnim vrstama i inženjerima vodenih ekosustava (Reynolds i dr. 2013). Dok su mikrobiomi akvakulturnih vrsta rakova popularan predmet istraživanja (npr. utjecaj probiotika na mikrobiom crijeva, Ringø 2020), mikrobiomi divljih populacija rakova do nedavno su bili tema svega nekoliko istraživanja (npr. Skelton i dr. 2017; Xavier i dr. 2021). Trenutno se na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu provodi projekt naziva "Promjene sastava patogena i imunološkog odgovora tijekom širenja areala uspješnih invazivnih vrsta slatkovodnih rakova", financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost. Jedan od ciljeva ovog projekta je istražiti mikrobiom slatkovodnog beskralješnjaka, signalnoga raka (*Pacifastacus leniusculus*, Dana 1852). Signalni rak, vrsta porijeklom iz Sjeverne Amerike, širi se slatkovodnim ekosustavima Europe od 1960-ih te se smatra jednom od najuspješnijih invazivnih stranih vrsta beskralješnjaka na ovom području. U sklopu spomenutog projekta, istražene su zajednice bakterija i mikrogljiva u tkivima signalnoga raka te njihove promjene duž invazivnog areala ove vrste. Rezultati istraživanja pokazali su da

se mikrobiom signalnoga raka mijenja tijekom širenja invazivnog areala te da ga oblikuju, u različitoj mjeri, okolišni čimbenici i karakteristike populacije (Dragičević i dr. 2021a; Dragičević i dr. 2023)

Kao invazivna vrsta, signalni rak sa sobom u novi okoliš unosi poznate i nepoznate patogene koji mogu negativno utjecati na ostale vrste u ekosustavu. Primjerice, signalni rak prijenosnik je račje kuge, bolesti koja je uzrokovala gubitke populacija zavičajnih vrsta rakova u mnogim europskim državama tijekom posljednjih nekoliko desetljeća (Bohman i dr. 2006). Osim uzročnika račje kuge, dosad je detektirano svega nekoliko patogena desetonožnih rakova, uglavnom poznatih iz akvakulture (Dragičević i dr. 2021b). Istraživanje mikrobioma u sklopu navedenog projekta ukazalo je na vrlo slabu istraženost patogena u divljim populacijama rakova te posljedično i na nemogućnost detekcije patogena u signalnom raku (Dragičević i dr. 2021a). Daljnje istraživanje mikrobioma ove invazivne vrste doprinijelo bi identifikaciji patogena rakova te sprječavanju širenja bolesti u vodenim ekosustavima, što je bitno za očuvanje bogate zavičajne astakofaune Hrvatske. Naime, četiri od pet autohtonih europskih vrsta slatkovodnih desetonožnih rakova obitava u Hrvatskoj, pri čemu su tri vrste zaštićene hrvatskim i europskim zakonodavstvom. ■

#### LITERATURA:

Ahn, J., Hayes, R.B. 2021. Environmental Influences on the Human Microbiome and Implications for Noncommunicable Disease. *Annu Rev Public Health*, 42, 277-292.

Bohman, P., Nordwall, F., Edsman, L. 2006. The effect of the large-scale introduction of signal crayfish on the spread of crayfish plague in Sweden. *Bull Fr Pêche Piscic*, 380-381, 1291-1302.

Bajinka, O., Tan, Y., Abdelhalim, K.A., Özdemir, G., Qiu, X. 2020. Extrinsic factors influencing gut microbes, the immediate consequences and restoring eubiosis. *AMB Expr*, 10, 130.

Diwan, A.D., Harke, S.N., Gopalkrishna, Panche, A.N. 2022. Aquaculture industry prospective from gut microbiome of fish and shellfish: An overview. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 106, 441-469.

Dragičević, P., Bielen, A., Petrić, I., Vuk, M., Žučko, J., Hudina, S. 2021a. Microbiome of the Successful Freshwater Invader, the Signal Crayfish, and Its Changes along the Invasion Range. *Microbiol Spectr*, 9, e00389-21.

Dragičević, P., Bielen, A., Petrić, I., Hudina, S. 2021b. Microbial pathogens of freshwater crayfish: A critical review and systematization of the existing data with directions for future research. *J Fish Dis*, 44(3), 221-247.

Dragičević, P., Bielen, A., Žučko, J., Hudina, S. 2023. The mycobiome of a successful crayfish invader and its changes along the environmental gradient. *Anim*

*Microbiome*, 5, 23.

Hu, Z., Tong, Q., Chang, J., Yu, J., Li, S., Niu, H., Ma, D. 2021. Gut bacterial communities in the freshwater snail *Planorbella trivolvis* and their modification by a non-herbivorous diet. *PeerJ*, 9, e10716.

Labbate, M., Seymour, J.R., Lauro, F., Brown, M.V. 2016. Editorial: Anthropogenic Impacts on the Microbial Ecology and Function of Aquatic Environments. *Front Microbiol*, 7, 1044.

Lederberg, J., McCray, A.T. 2001. `Ome Sweet `Omics-A genealogical treasury of words. *Scientist*, 15(7), 8-8.

McCauley, M., Chiarello, M., Atkinson, C.L., Jackson, C.R. 2021. Gut Microbiomes of Freshwater Mussels (Unionidae) Are Taxonomically and Phylogenetically Variable across Years but Remain Functionally Stable. *Microorganisms*, 9(2), 411.

Ofek, T., Lalar, M., Laviad-Shitrit, S., Izhaki, I., Halpern, M. 2021. Comparative Study of Intestinal Microbiota Composition of Six Edible Fish Species. *Front Microbiol*, 12, 760266.

Panthee, B., Gyawali, S., Panthee, P., Techato, K. 2022. Environmental and Human Microbiome for Health. *Life*, 12(3), 456.

Ramírez, C., Romero, J. 2017. The Microbiome of *Seriola lalandi* of Wild and Aquaculture Origin Reveals Differences in Composition and Potential Function. *Front Microbiol*, 8, 1844.

Reynolds, J., Souty-Grosset, C., Richardson, A. 2013.

Ecological Roles of Crayfish in Freshwater and Terrestrial Habitats. *Freshw Crayfish*, 19(2), 197-218.

Ringø, E. 2020. Probiotics in shellfish aquaculture. *Aquac Fish*, 5(1), 1-27.

Sehna, L., Brammer-Robbins, E., Wormington, A.M., Blaha, L., Bisesi, J., Larkin, I., Martyniuk, C.J., Simonin, M., Adamovsky, O. 2021. Microbiome Composition and Function in Aquatic Vertebrates: Small Organisms Making Big Impacts on Aquatic Animal Health. *Front Microbiol*, 12, 567408.

Skelton, J., Geyer, K.M., Lennon, J.T., Creed, R.P., Brown, B.L. 2017. Multi-scale ecological filters shape the crayfish microbiome. *Symbiosis*, 72(3), 159-170.

Taketani, R.G., Dini-Andreote, F., Beier, S., Fernandez, C. 2022. Editorial: Advancements in the Understanding of

Anthropogenic Impacts on the Microbial Ecology and Function of Aquatic Environments. *Front Microbiol*, 12, 820697.

Vayssier-Taussat, M., Albina, E., Citti, C., Cosson, J.-F., Jacques, M.-A., Lebrun, M.-H., Le Loir, Y., Ogliastro, M., Petit, M.-A., Roumagnac, P., Candresse, T. 2014. Shifting the paradigm from pathogens to pathobiome: new concepts in the light of meta-omics. *Front Cell Infect Microbiol*, 4, 29.

Xavier, R., Soares, M.C., Silva, S.M., Banha, F., Gama, M., Ribeiro, L., Anastácio, P., Cardoso, S.C. 2021. Environment and host-related factors modulate gut and carapace bacterial diversity of the invasive red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Hydrobiologia*, 848(17), 4045-4057.

