

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET BIOLOŠKI ODSJEK

**KOMENZALNE BAKTERIJE S KUTIKULE RAKOVA I NJIHOV POTENCIJANI ZNAČAJ
U BIOKONTROLI UZROČNIKA RAČJE KUGE**

**COMMENSAL BACTERIA FROM CRAYFISH CUTICLE AND THEIR POTENTIAL
SIGNIFICANCE IN BIOCONTROL OF CAUSATIVE AGENT OF CRAYFISH PLAGUE**

SEMINARSKI RAD

Karla Orlić

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Sciences)

Mentorica: doc. dr. sc. Sandra Hudina

Zagreb, 2018.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	ZNAČAJ SIMBIOZE U BIOLOŠKOM SVIJETU	1
	2.1. Simbioza bakterija i deseteronožnih rakova	2
3.	VODENE PLIJESNI	3
	3.1. Račja kuga	3
	3.2. Životni ciklus <i>A. astaci</i>	3
4.	POTENCIJAL ZA BIOKONTROLU RAČJE KUGE	5
5.	ZAKLJUČAK	5
6.	LITERATURA	6
7.	SAŽETAK	11
8.	SUMMARY	12

1. UVOD

Gljivični i oomicetni patogeni sve su više prisutna globalna prijetnja za životinjske i biljne vrste (Fisher i sur., 2012). Među oomicetima, vrste roda *Aphanomyces* i *Saprolegnia* su uzročnici pada brojnosti populacija rakova, riba i vodozemaca (Fisher i sur., 2012; Philips i sur., 2008; Van den Berg i sur., 2013). U Hrvatskoj je u zadnjem desetljeću nestalo 55 % populacija vrste *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758.) i čak 67 % populacija *Austropotamobius pallipes* (Lerboullet, 1858). Glavni razlog ugroženosti i smanjenja brojnosti populacije autohtonih rakova je bolest račja kuga, koju uzrokuje *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906) (Maguire i sur., 2018). Najučinkovitije metode kontrole ovog patogena su kemijske metode, no pokazalo se da najučinkovitija sredstva, malahit zelenilo i formalin, su izrazito toksični za okoliš, te su zabranjeni (Alderman, 1985; Häll i Unestam, 1980). To je istaknulo potrebu za novim, ekološki prihvatljivim, načinima biokontrole tog patogena.

Prijašnja istraživanja pokazala su da mikrobnji simbionti mogu pomoći svojim domaćinima osvojiti nove ekološke niše kao i nove resurse hrane, no jedna od najvažnijih uloga mikrobnih simbionata bi svakako bila zaštita domaćina od raznih patogena (Peerakietkhajorn i sur., 2015; Scheuring i Yu 2012). Ranija istraživanja pokazuju da postoje bakterije na ribama i drugim vodenim životinjama koje imaju potencijal da zaštite svog domaćina od patogena roda *Saprolegnia* (Bly i sur., 1997; Liu i sur., 2015).

2. ZNAČAJ SIMBIOZE U BIOLOŠKOM SVIJETU

Proučavanje simbionata i simbiotskih zajednica, bilo komenzalnih, mutualističkih ili parazitskih, neophodno je za razumijevanje generalne dinamike domaćin-simbiont odnosa (Ezenwa i sur., 2010; Graham, 2008; Pedersen i Fenton, 2006; Telfer i sur., 2010). Čak 90% stanica u kralježnjacima su bakterijske, stoga se bakterije sve više i više gledaju kao mutualisti koji su često esencijalni za preživljavanje svog domaćina (McFall Ngai i sur., 2005). Istraživanja pokazuju da zajednice simbionata koje koloniziraju životinje i biljke mogu značajno utjecati na preživljavanje, rast i reprodukciju svojih domaćina kao i na zaštitu domaćina od raznih patogena (Brown i sur., 2002; 2012; Palmer i sur., 2010; Peerakietkhajorn i sur., 2015; Scheuring i Yu 2012). Iako su istraživanja mikrobioma (zajednica mikroorganizama koje žive na i u domaćinu) životinja

većinom fokusirana na ljude ili ostale terestričke kralježnjake, a česti odnosi između mikrobnih simbionata i akvatičnih životinja su većinom neistraženi (Clay, 2014; Scheuring i Yu 2012).

2.1. Simbioza bakterija i deseteronožnih rakova

Deseteronožni rakovi su ključne vrste svih slatkovodnih ekosustava (eng. *keystone species*). Oni predstavljaju značajnu komponentu hranidbenih mreža te utječu na stabilnost i raznolikost cijele zajednice slatkovodnih ekosustava (Reynolds i Souty-Grosset, 2012). Imaju važnu ulogu u slatkovodnim hranidbenim lancima zbog relativno brzog rasta i velike biomase koju mogu postići, dugog životnog vijeka te omnivornog načina prehrane (Lodge i Hill, 1994; Usio i Townsend, 2002).

Na području Hrvatske rasprostranjene su četiri zavičajne vrste slatkovodnih rakova iz porodice Astacidae: *A. astacus*– riječni rak, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 – uskoškari rak, *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) – potočni rak i *A. pallipes* – bjelonogi rak (Maguire i sur., 2011). Tri od četiri zavičajna raka (bjelonogi, potočni i riječni rak) zaštićeni su i na međunarodnoj i na nacionalnoj razini. Glavni razlozi ugroženosti i smanjenja brojnosti populacija autohtonih vrsta rakova su invazivne strane vrste rakova i s njima povezani patogeni, uništenje i fragmentacija staništa, klimatske promjene, prekomjerni izlov, te onečišćenje vodotokova. Invazivne vrste rakova koje su prisutne u Hrvatskoj su *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) – signalni rak, *Procambrus virginalis* (Lyko, 2017) – mramorni rak i *Faxonius limosus* – bodljobradi rak (Rafinesque, 1817) (Holdich i sur., 2009; Maguire i sur., 2011; 2018; Samardžić i sur., 2014). Invazivne strane vrste rakova negativno utječu na autohtone rakove prvenstveno prijenosom bolesti račje kuge koja je najčešće smrtonosna za autohtone rakove (Becking i sur., 2015). Osim prijenosom bolesti, invazivne strane vrste rakova potiskuju autohtone vrste kroz direktnu kompeticiju, u kojoj su invazivne vrste uspješnije jer su agresivnije i ranije spolno sazrijevaju (Holdich, 2002; Holdich i sur., 2009).

Simbiotske bakterijske zajednice s deseteronožnih rakova slabo su istražene na području Europe. Postoji samo istraživanje Topić Popović i suradnika iz 2014. godine gdje je mikrobiološka flora kutikule i unutrašnjih organa (hepatopankreas, gonade i crijeva) opisana kod vrste *A. astacus* i *A. leptodactylus*, a na invazivnim vrstama rakova takva istraživanja nisu rađena.

3. VODENE PLIJESNI

Vodne plijesni, razred Oomycetes (red Saprolegniales) (OIE, 2016), su skupina organizama u koju spadaju mnogi patogeni biljaka i životinja (Diéguez-Uribeondo i sur., 2009). Patogen *A. astaci*, koji se smatra najbolje istraženom vrstom među patogenima makrobeskralježnjaka, je uzročnik bolesti račje kuge (Diéguez-Uribeondo i sur., 2006). Vrste roda *Saprolegnia* su uzročnici saprolegnioze, bolest koja napada ribe, riblja jaja i vodozemce (Van den Berg i sur., 2013).

3.1. Račja kuga

Račja kuga jedan je od glavnih razloga pada populacija autohtonih rakova u Europi.. Uzrokuje ju patogen mikroorganizam *A. astaci* koji je u europske vodotoke dospio s unosom stranih invazivnih vrsta rakova iz Sjeverne Amerike. Zbog svog negativnog učinka na zavičajne europske vrste rakova *A. astaci* je svrstan među 100 najopasnijih invazivnih vrsta u svijetu (Lowe i sur., 2000). Invazivne sjevernoameričke vrste rakova su ko-evoluirale s patogenom pa uglavnom ne razvijaju bolest i djeluju kao jedan od glavnih vektora njezinog širenja.

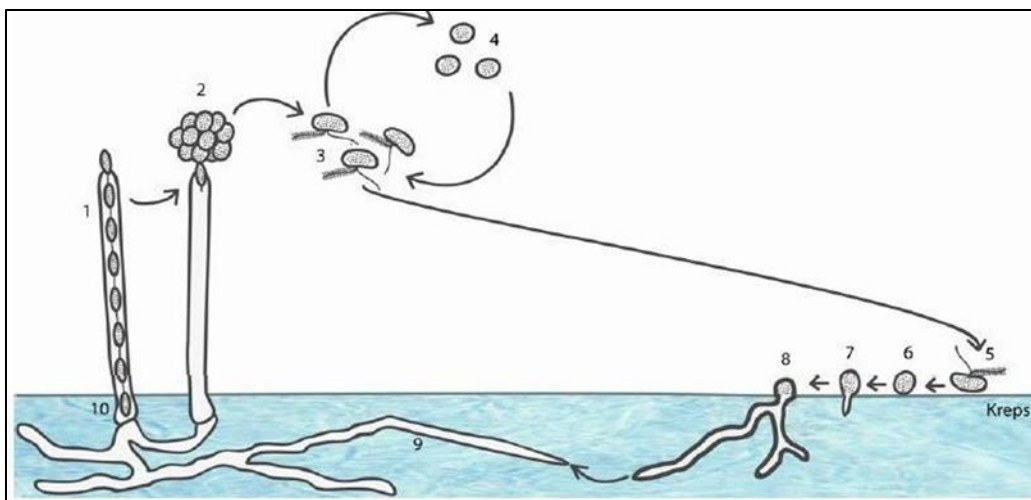
Glavni uzrok širenja *A. astaci* je djelovanje čovjeka, odnosno trgovanje rakovima i namjerni unos rakova u vodotoke (Alderman, 1996). Osim antropogenim utjecajem, račja kuga se širi i kontaktom između rakova, kontaminiranom vodom ili predmetima koji su bili u kontaminiranoj vodi (ribarska oprema, vrše, čizme, čamci), ali i putem životinja koje se hrane ili su bile u kontaktu s zaraženom jedinkom (Oidtmann i sur., 2002).

3.2. Životni ciklus *A. astaci*

Životni ciklus *A. astaci* (Slika 1.) uključuje samo nespolno razmnožavanje (Diéguez-Uribeondo i sur., 2009; Oidtmann i sur., 2002; Söderhall i Cerenius, 1999). U prirodi *A. astaci* pronalazimo u tri oblika: hife (micelij) – razvijaju se na kutikuli i šire u unutrašnjost tijela raka domaćina (Slika 1-9), zoospore – infektivni pokretni stadij koji se oslobađa iz micelija u vodu (Slika 1-3 i 1-5) i oblik ciste (Slika 1-4 i 1-6) (Cerenius i Söderhall, 1984; Oidtmann i sur., 2002). Neposredno prije ili nakon uginuća zaraženog raka, na površini njegove kutikule izbijaju hife i stvaraju sporangije (Slika 1-1) iz kojih zoospore (Slika 1-2 i 1-3) izlaze u vodu. Zoospore imaju bič i u vodi ostaju vijabilne nekoliko dana. Ukoliko u tom periodu ne nađu pogodnog domaćina, pretvorit će se u cistu (Slika 1-4) koja neće proklijati, već će se nakon nekog vremena pretvoriti u novu zoosporu. Taj se proces može ponoviti ukupno tri puta, a ako ne pronađe domaćina postati

će nevijabilna cista (Söderhäll i Cerenius, 1999). Ako zoospora kemotaksijom nađe pogodnog domaćina, prelazi u oblik ciste koja počinje klijeti (Slika 1-7), a hife prodiru kroz kutikulu raka na kojoj susreću zajednicu epibiontskih bakterija (Slika 1-8). Najčešće mjesta prodora su mjesta kao što su rane na tijelu raka ili pak na područjima gdje je kutikula mekša, kao što su zglobovi i područje ventralne abdominalne kutikule (Unestam i Weiss, 1970). Kod vrsta podložnih infekciji, kao što su europske autohtone vrste, hife se granaju i prodiru dublje, do ostalih tkiva i organa, te se razvija bolest račja kuga. Simptomi bolesti račje kuge su melanizacija kutikule (smeđe/crne točke na nogama i abdomenu), dnevna aktivnost, paraliza, nekoordinirano kretanje (Unestam i Weiss, 1970).

Kod vrsta koje su otporne na infekciju (poput invazivnih sjevernoameričkih vrsta), dolazi do melanizacije hifa koja onemogućuje njihov daljnji rast i prodiranje u tkiva raka za što je zaslužan imunostni sustav raka. No iako kod njih ne dolazi do razvoja bolesti, patogen ostaje vijabilan na kutikuli raka čime rak postaje prenosioac patogena (Cerenius i sur., 2003; Söderhäll i Cerenius, 1998).



Slika 1. Životni ciklus *A. astaci*. 1. Sporangij (1) sa zoosporama (2) koje imaju bič i ispuštaju se u vodu (3) gdje ostaju vijabilne nekoliko dana. Ukoliko u tom periodu ne nađu pogodnog domaćina, pretvaraju se u cistu (4). Ako kemotaksijom pronađu pogodnog domaćina (5) zoospore prelaze u oblik ciste (6), počinju klijeti (7) i prodiru kroz kutikulu raka (8). Micelij se širi u unutrašnjosti domaćina (9) dok konačno ne dođe do smrti raka. Smrt domaćina ujedno je i poticaj za ponovnu produkciju sporangija i izbacivanje zoospora (10). (Preuzeto iz: Vrålstad i sur., 2006)

4. POTENCIJAL ZA BIOKONTROLU RAČJE KUGE

Tijekom prodiranja hifa *A. astaci* kroz kutikulu raka domaćina, hife patogena dolaze u doticaj s bakterijama na kutikuli raka (Unestam i Weiss, 1970). Dokazano je da su bakterijske zajednice s kutikule rakova taksonomski bogatije nego na drugim područjima tijela raka (primjerice škruga) i njihov sastav najviše je određen upravo okolišnim čimbenicima (Skelton i sur., 2016). Iako se neki mikrobiomski simbioti prenose s roditelja na potomke ili s domaćina na domaćina, većina površinskih simbionata jedinke dobiju iz okoliša (Bright i Bulgheresi, 2010; Walke i sur., 2014). Iz vode jezera za uzgajanje somova izolirana je bakterija *Pseudomonas fluorescens* koja inhibira rast par vrsta patogena roda *Saprolegnia* (Bly i sur., 1997), a na jeguljama bakterija *Aeromonas media* za koji su dokazali da inhibira vrstu *Saprolegnia* sp. (Liu i sur., 2015). No za *A. astaci* takva istraživanja nisu ranije provedena, iako je dokazano da neke autohtone vrste rakova obiluju bakterijama rod *Pseudomonas* za koje je dokazano da su vrlo često inhibitori patogena (Bly i sur., 1997; Topić Popović i sur., 2014). U radu u pripremi, analizirana je mikrobiološka zajednica s kutikule jedne invazivne vrste raka – signalnog raka, te jedne nativne vrste – uskoškari rak. Dokazano je da su bakterije koje mogu inhibirati rast hifa *A. astaci* prisutne na obje te vrste raka, a radi se o vrstama *Pseudomonas chlororaphis* i *Pantoea ananatis*. Također je pronađeno još vrsta roda *Pseudomonas* koje imaju inhibitorni potencijal na vrsti uskoškarog raka - *Pseudomonas koreensis* i *Pseudomonas lurida*, kao i bakterije roda *Aeromonas*, *Aeromonas sobria* (Orlić i sur., u pripremi).

5. ZAKLJUČAK

S pojavom sve više patogena koji dolaze na invazivnim vrstama rakova, u zadnjih par desetljeća populacije europskih autohtonih rakova su u značajnom padu (Maguire i sur., 2018). Kako za patogen *A. astaci* nema ekološki prihvatljivih načina za kontrolu u prirodnim staništima rakova, javila se potreba za načinom biokontrole uzročnika račje kuge. Postoje već ranije istraživanja koja istražuju potencijal bakterijskih zajednica u zaštiti svog domaćina za rod *Saprolegnia*, ali za *A. astaci* takva istraživanja nisu ranije provedena (Bly i sur., 1997; Liu i sur., 2015). Potrebna su daljnja istraživanja bakterijskih zajednica s kutikule autohtonih rakova i identifikacija bakterija koje imaju inhibitorni učinak na rast patogena te daljnja detekcija točnih spojeva (produkata metabolizma bakterija) koji imaju inhibitorni učinak na rast hifa *A. astaci*. Takva istraživanja

možda će ponuditi prihvatljive načine kontrole A. astaci u slatkovodnim ekosustavima diljem Europe i doprinijeti očuvanju autohtonih europskih vrsta rakova.

6. LITERATURA

- Alderman, D. J. (1985). Malachite green: a review. *Journal of Fish Diseases*, **8**, 289-298.
- Alderman, D. J. (1996). Geographical spread of bacterial and fungal diseases of crustaceans. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, **15**, 603–632.
- Bly J.E., Quiniou S.M.A., Lawson L.A. i Clem L.W. (1997). Inhibition of Saprolegnia pathogenic for fish by *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Fish Diseases*, **20**(1),35–40.
- Bright M. i Bulgheresi S. (2010). A complex journey: transmission of microbial symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, **8**(3), 218-230.
- Brown B., Creed R.P. i Dobson W.E. (2002). Branchiobdellid annelids and their crayfish hosts: are they engaged in a cleaning symbiosis? *Oecologia*, **132**, 250-255.
- Brown B.L., Creed R.P., Skelton J., Rollins M.A. i Farrell K.J. (2012). The fine line between mutualism and parasitism: complex effects in a cleaning symbiosis demonstrated by multiple field experiments. *Oecologia*, **170**, 199-207.
- Cerenius L., i Soderhall K. (1984). Repeated zoospore emergence from isolated spore cysts of *Aphanomyces astaci*. *Experimental Mycology*, **8**(4), 370–377.
- Cerenius L., Bangyeekhun E., Keyser P., Söderhäll i., i Söderhäll K. (2003). Host prophenoloxidase expression in freshwater crayfish is linked to increased resistance to the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*. *Cellular Microbiology*, **5**, 353–357.
- Clay K. (2014). Defensive symbiosis: a microbial perspective. *Functional Ecology*, **28**, 293-298.
- Diéguez-Uribeondo J., Cerenius L., Dyková I., Gelde, S., Henntonen P. i sur. (2006). Pathogens, parasites and ectocommensals. *Atlas of Crayfish in Europe*, **64**, 133–149.
- Diéguez-Uribeondo J., García M. A., Cerenius L., Kozubíková E., Ballesteros I. i sur. (2009). Phylogenetic relationships among plant and animal parasites, and saprotrophs in *Aphanomyces* (Oomycetes). *Fungal Genetics and Biology*, **46**(5), 365–376.
- Ezenwa V.O., Etienne R.S., Luikart G., Beja-Pereira A. i Jolles A. (2010). Hidden consequences of living in a wormy world: nematode-induced immune suppression facilitates tuberculosis invasion in African buffalo. *The American Naturalist*, **176**, 613–624.

- Fisher M.C., Henk D.A., Briggs C.J., Brownstein J.S., Madoff L.C. i sur. (2012). Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, **484**(7393), 186–94.
- Graham A.L. (2008). Ecological rules governing helminth– microparasite coinfection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **105**, 566–570.
- Holdich D. M. (2002). Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **367**, 611-650.
- Holdich D. M., Reynolds J. D., Souty-Grosset C., i Sibley P. J. (2009). A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **11**, 394-395.
- Häll L. i Unestam T. (1980). The effect of fungicides on survival of the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*, Oomycetes, growing on fish scales. *Mycopathologia*, **72**, 131.
- Liu Y, Rzeszutek E, Van der Voort M, Wu CH, Thoen E, Skaar I, i sur. (2015). Diversity of Aquatic *Pseudomonas* Species and Their Activity against the Fish Pathogenic Oomycete *Saprolegnia*. *PLoS ONE*, **10**(8), e0136241.
- Lodge D.M., i Hill A.M. (1994). Factors governing species composition, population size, and productivity of cool-water crayfishes. *Nordic Journal of Freshwater Resources*, **69**, 111– 136.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., i De Poorter M. (2000). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. The Invasive Species Specialist Group ISSG a Specialist Group of the Species Survival Commission SSC of the World Conservation Union (IUCN), 12pp.
- Maguire I., Jelić M., i Klobučar G. (2011). Update on the distribution of freshwater crayfish in Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **401**, 31.
- Maguire I., Klobučar G., Žganec K., Jelić M., Lucić A., i Hudina S. (2018). Recent changes in distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia – threats and perspectives. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, **419**, 2.
- McFall Ngai M.J., Henderson B. i Ruby E.G. (2005): *The Influence of Cooperative Bacteria on Animal Host Biology*, Cambridge University Press, pp 425.

Oidtmann B., Heitz E., Rogers D. i Hoffmann R. W. (2002). Transmission of crayfish plague. *Diseases of Aquatic Organisms*, **52**(2), 159–167.

OIE (2016). Crayfish plague (*Aphanomyces astaci*). World Organisation for Animal Health. *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals*, 101–118.

Palmer T.M., Doak D.F., Stanton M.L., Bronstein J.L., Toby Kiers E. (2010). Synergy of multiple partners, including freeloaders, increases host fitness in a multispecies mutualism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107**(40), 17234–17239.

Pedersen, A.B. i Fenton, A. (2006). Emphasizing the ecology in parasite community ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, **22**, 133–139.

Peerakietkhajorn S., Tsukada K., Kato Y., Matsuura T. i Watanabe H. (2015). Symbiotic bacteria contribute to increasing the population size of a freshwater crustacean, *Daphnia magna*. *Environmental microbiology reports*, **7**, 364–372.

Phillips A.J., Anderson V.L., Robertson E.J., Secombes C.J. i van West P. (2008). New insights into animal pathogenic oomycetes. *Trends in Microbiology*, **16**(1), 13–9.

Reynolds J., Fellow E., i Souty-Grosset C. (2012). Management of Freshwater Biodiversity Crayfish as Bioindicators. Cambridge University Press, Cambridge.

Samardžić M., Lucić A., Maguire I., i Hudina S. (2014). The first record of marbled crayfish (*Procambarus fallax* [Hagen, 1870] f. *virginialis*) in Croatia. *Crayfish News*, **36**, 4.

Scheuring I. i Yu D.W. (2012). How to assemble a beneficial microbiome in three easy steps. *Ecology letters*, **15**, 1300–1307.

Skelton J., Doak S., Leonard M., Creed R.P. i Brown B.L. (2016). The rules for symbiont community assembly change along a mutualism-parasitism continuum. *Journal of Animal Ecology*, **85**, 843–853.

Söderhäll K., i Cerenius L. (1998). Role of the prophenoloxidase-activating system in invertebrate immunity. *Current Opinion in Immunology*, **10**(1), 23–28.

Söderhäll K., i Cerenius L. (1999). The crayfish plague fungus: history and recent advances.

Freshwater Crayfish, **12**, 11–35.

Telfer S., Lambin X., Birtles R., Beldomenico P., Burthe S., Paterson S., i Begon M. (2010). Species interactions in a parasite community drive infection risk in a wildlife population. *Science*, **330**, 243- 246.

Topić Popović N., Sauerborn Klobučar R., Maguire I., Strunjak-Perović I., Kazazić S. i sur. (2014). High-throughput discrimination of bacteria isolated from *Astacus astacus* and *A. leptodactylus*. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **413**, 4.

Unestam T., i Weiss D. W. (1970). The Host-Parasite Relationship between Freshwater Crayfish and the Crayfish Disease Fungus *Aphanomyces astaci*: Responses to Infection by a Susceptible and a Resistant Species. *Journal of General Microbiology*, **60**(1), 77–90.

Usio N., i Townsend C. R. (2002). Functional significance of crayfish in stream food webs: roles of omnivory, substrate heterogeneity and sex. *Oikos*, **98**(3), 512–522.

Van den Berg A.H., McLaggan D., Diéguez-Uribeondo J. i van West P. (2013). The impact of the water moulds *Saprolegnia diclina* and *Saprolegnia parasitica* on natural ecosystems and the aquaculture industry. *Fungal Biology Reviews*, **27**(2), 33–42.

Vrålstad, T., Håstein, T., Taugbøl, T., i Lillehaug, A. (2006). Krepsepest - smitteforhold i norske vassdrag og forebyggende tiltak mot videre spredning. *Veterinærinstituttets rapportserie*, **6**, 1-25.

Walke J.B., Becke, M.H., Loftus S.C., House L.L., Cormier G i sur. (2014). Amphibian skin may select for rare environmental microbes. *ISME J*.

7. SAŽETAK

Patogeni iz razreda Oomycetes sve su veća prijetnja za biljne i životinjske vrste. Među njima je patogen *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906), uzročnik bolesti račje kuge, koji je uvršten na popis 100 najopasnijih invazivnih vrsta svijeta. Upravo zbog te bolesti, kao i samim unosom invazivnih vrsta rakova, došlo je do pada u brojnosti populacija autohtonih vrsta rakova u Europi. Jedina poznata efikasna rješenja za tu bolest su toksični kemijski spojevi, koji su zabranjeni za korištenje. Upravo zbog toga se javlja potreba za prirodnim sredstvima kontrole tog patogena. Već je ranije poznato da mikrobní simbionti mogu zaštititi svoje domaćine od raznih patogena te su provedena istraživanja za oomicete iz roda *Saprolegnia*. Za taj rod se već zna da postoje bakterije na površinama domaćina koje mogu zaštititi domaćina od zaraze. Međutim, za rod *Aphanomyces* takva istraživanja nisu ranije provedena.

Cilj ovoga rada bio je sistematski prikazati rezultate istraživanja na području interakcije domaćina-simbionta za deseteronožne rakove i ukazati na potrebu za detaljnijim istraživanja interakcije *A. astaci* i bakterija s površine rakova radi boljeg razumijevanja odnosa između patogena, domaćina i simbionata te pronalaska načina kako tu interakciju iskoristiti u korist zaštite samog domaćina – autohtonih europskih vrsta slatkovodnih deseteronožnih rakova.

8. SUMMARY

Pathogens belonging to class Oomycetes are increasingly recognized as a threat for animal and plant species. One of such pathogens is *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1906), a causative agent of crayfish plague disease. *A. astaci* is listed among 100 worst invasive species in the world. Due to crayfish plague disease and spread of non-indigenous crayfish species, declines in populations of indigenous European crayfish species have occurred throughout Europe. The only known effective methods for control of this pathogen are toxic chemical substances that are banned for use due to detrimental effects of freshwater ecosystems. Thus, there is a need for identification of natural resources for control of this pathogen. Microbial symbionts have a demonstrated ability to protect their host from a variety of pathogens, however most of research has been conducted for Oomycetes from genus *Saprolegnia*. For that genus it is known that there are bacteria on surface of the host that can protect the host from infection. However, for genus *Aphanomyces*, such research is lacking.

The aim of this paper is to systematically analyze results of research in the field of host-symbionts interaction for decapod crayfish species. Furthermore, the paper indicates the need for further research of interaction between *A. astaci* and bacteria present on the crayfish cuticle for better understanding the host-pathogen-symbionts interaction which can bring novel pathogen control methods and enhance conservation of native European crayfish.