
Bakterijų, asociuotų su žuvų lervomis ir Ponto-Kaspijos aukštesniaisiais vėžiagyviais, vaidmuo mityboje

Janina Šyvokienė¹,
Rita Jankauskienė²,
Genovaitė Voverienė¹

¹ Ekologijos institutas,
Genotoksikologijos laboratorija,
Akademijos g. 2,
LT-2600 Vilnius

² Baltijos pajūrio tyrimų ir
planavimo institutas,
Klaipėdos universitetas,
H. Manto g. 84,
LT-5808 Klaipėda

Tirtos 4 introdukuotos Ponto-Kaspijos aukštesniųjų vėžiagyvių: šoniplaukų © Pantogammarus robustoides, Chaetogammarus warpachowskyi); mizidžių (D) (Paramysis lacustris, Limnomysis benedeni); ir 2 žuvų lervų (E) rūšys – kuojos (*Rutilus rutilus* L.) ir tryspyglės dyglės (*Gasterosteus aculeatus* L.). Mėginiai imti Šiaurinėje Kuršių marių dalyje litoralinėje zonoje pavasario, vasaros ir rudens sezonais *in vitro* ir *in situ*. Iš viso mitybai išanalizuoti 134 skrandžio turiniai. Mikrobiologiniams tyrimams buvo homogenizuoti 235 vandens gyvūnai: šoniplaukų – 90, mizidžių – 110, žuvų lervų – 35.

Vandens gyvūnų endosistemos bakterijų vaidmuo mityboje buvo vertinamas priklausomai nuo aplinkos užterštumo, gyvūno mitybos spektro, sezoniškumo, biotopo ekologinės situacijos.

Atliktasis tyrimais nustatytas šoniplaukų, mizidžių ir žuvų lervų endosistemoje platus bakterijų funkcinių grupių spektras.

Raktažodžiai: aukštesnieji vėžiagyviai, žuvų lervos, bakterijos endosistema, mityba

IVADAS

Mikroorganizmai yra obligatinė visų mitybinių ryšių dalis. Bakterijos į endosistemą (virškinamasis traktas) patenka su maistu arba kaip maistas. Vyksta natūrali atranka, išlieka tos bakterijos, kurios randa savo egzistavimui tinkamas sąlygas. Šie procesai vyksta neatsitiktinai, juos lemia įvairūs procesai: aplinkos sąlygos, metabolitų koncentracija, pH, temperatūra, maisto sudėtis (substratas), virškinimo, fizikinis-cheminis endosistemos režimas, amžius, seilių sekrecija, virškinamosios sistemos darbas, atskirų bakterijų rūšies augimo greitis, egzomikroorganizmai ir kt. Taigi tarp gyvūno ir jo endosistemoje esančių bakterijų susidaro abipusis trofinis ryšys. Vandens gyvūnų virškinamojo trakto mikroflora yra būtina jiems normaliai augti ir vystytis. Nustatyta, kad žuvų, moliuskų ir vėžiagyvių, mintančių augaliniu maistu, jų virškinamojo trakto bakteriocenozėms būdingos angliavandenius skaidančios, o visaėdžiams vandens gyvūnams – proteolitinės bakterijos. Taip pat nustatyta, kad vandens gyvūnų virškinamojo trakto mikrofloros gausumas mažesnis, rūšinė įvairovė siauresnė negu homoiterminių. Eksperimentų metu nustatyta, kad vandens gyvūnų virškinamojo trakto bakterijos dalyvauja maisto virškinime, išskiria vitaminus, fermentus, aminorūgštis, kurie yra svarbūs makroor-

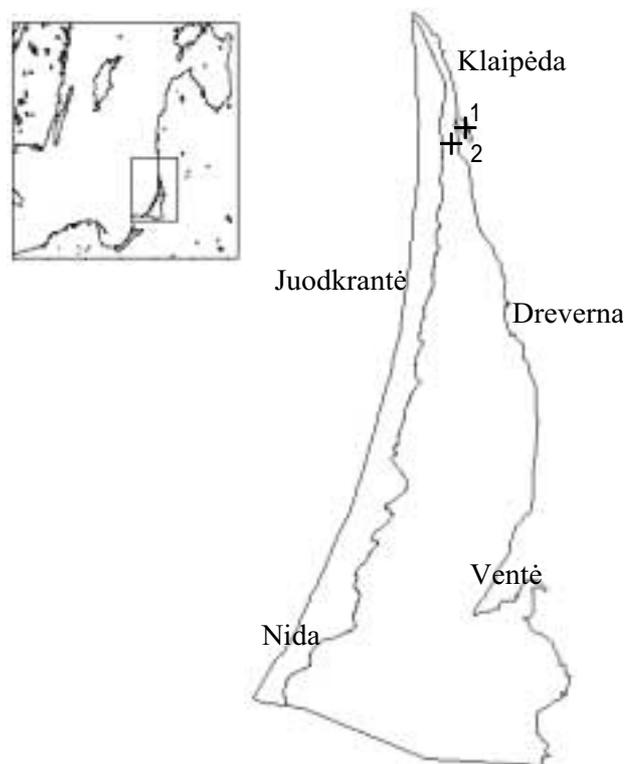
ganizmo metabolizmo procesuose. Be to, normali vandens gyvūnų mikroflora užima gyvenamąsias nišas kūno paviršiuje ir virškinamajame trakte, neleisdama ten patekti patogenams [21–23, 16, 9, 7]. Virškinamojo trakto mikroorganizmų mitybiniai ryšiai ir jų vaidmuo vandens gyvūnų mitybiniuose tinkluose intensyviau pradėti tyrinėti per pastaruosius keletą dešimtmečių [21, 17, 16, 5, 9, 18]. Autoriai tyrė vandens gyvūnų, ypač žuvų, gyvenančių tiek gėluose, tiek jūrinėse ekosistemose, taip pat žuvų, auginamų akvakultūroje, virškinamojo trakto bakteriocenozės įvairiais ekologiniais aspektais. Įrodyta, kad pagrindinį vaidmenį vandens gyvūnų endosistemoje atlieka sparčiai besivystančios heterotrofinės bakterijos, pasižyminčios dideliu medžiagų apykaitos aktyvumu. Heterotrofinės bakterijos geba įsisavinti ištirpusią vandenyje organinę medžiagą ir panaudoti savo biomasės kūrimui bei kitiems gyvybinės veiklos poreikiams. Savo ruožtu bakterijos yra mitybos šaltinis kitiems mikroorganizmams, taip pat makroorganizmui. Radiologiniu metodu japonai nustatė [8], kad terpėje, kur buvo žymėta aminorūgštis ir bakterijos, infuzorijos įsijungdavo aminorūgštis žymai sparčiau, negu terpėje, iš kurios bakterijos buvo išjungtos. Manoma, kad pagrindinis infuzorijų azotinės mitybos šaltinis yra ne aminorūgštys, o bakterijos, nes aminorūgščių įsijungimas į infuzorijų ląsteles vyksta pagal

schema aminorūgštis–bakterija–infuzorija. Taigi bakterijų, esančių gyvūno endosistemoje, vaidmuo neabejotinas ne tik virškinimo fiziologijoje, bet ir aminorūgščių išsijungime į kraują, kuriame bakterijos dalyvauja kaip tarpinė grandis. Bakterijų gebėjimas greitai adaptuotis aplinkoje, platus fermentinių sistemų spektras leidžia jiems skaidyti, panaudoti ir transformuoti įvairius organinius ir neorganinius junginius. Trofiniai santykiai tarp gyvenamosios aplinkos ir virškinamojo trakto mikroorganizmų, bakterijų mitybinių medžiagų išsavinimo intensyvumas gali svyruoti gana plačiose ribose priklausomai nuo sezoniškumo, biotinių ir abiotinių veiksnių. Normali organizmo virškinamojo trakto bakterioflora yra patenkančių iš išorės ir pasigaminančių šeimininko organizme toksiinių medžiagų akumuliatorius, ji pirma išsijungia į natūralių ir svetimų, naudingų ir kenksmingų medžiagų skaidymą ir trūkstamų pagaminimą [22, 21, 23, 8, 10–12]. Vienas iš svarbiausių mikrofloros vystymosi veiksnių yra maistas. Jis iš esmės būna skirtingas priklausomai nuo gyvūno rūšies, amžiaus, ir geografinės vietos. Pagal vyraujančią maistą gyvūnai yra skirstomi į žolėdžius, visaėdžius ir mėšėdžius. Mikroorganizmų, asocijuotų su Ponto-Kaspijos aukštesniaisiais vėžiagyviais ir žuvų lervomis, tarpusavyje sąveikaujančių bakterijų struktūra, jų funkcionavimas, įvairūs metodologiniai tyrimų aspektai, vaidmuo mityboje iki šiol yra diskusijų objektai.

Darbo tikslas – nustatyti Ponto-Kaspijos aukštesniųjų vėžiagyvių ir žuvų lervų endosistemoje esančias bakteriocenozes, jų kiekybinę ir kokybinę struktūrą, bakterijų funkcinį aktyvumą priklausomai nuo aplinkos užterštumo, gyvūno mitybos aspektų, ir bakterijų vaidmenį mityboje.

MEDŽIAGA IR METODIKA

Tirtos 4 introdukuotos Ponto-Kaspijos aukštesniųjų vėžiagyvių: šoniplaukų (C) (*Pontogammarus robustoides*, *Chaetogammarus warpachowskyi*), mizidžių (D) (*Paramysis lacustris*, *Limnomysis benedeni*), ir 2 žuvų lervų (E) rūšys – kuojos (*Rutilus rutilus* L.) ir tryspyglės dyglės (*Gasterosteus aculeatus* L.). Mėginiai imti šiaurinėje Kuršių marių dalyje litoralinėje zonoje pavasario, vasaros ir rudens sezonais (1 pav.). Tiriamojo rajono aprašymas pateiktas 1 lentelėje. Vandens gyvūnai buvo gaudomi mizidiniu tralu pratraukiant 50 m pagal krantą 0,7 m gylyje. Vėžiagyvių ir žuvų lervų mitybinei analizei pagauti gyvūnai išrenkami po 10–15 kiekvienos rūšies ir fiksuojami 4% formalino tirpalu. Tolesni skrandžio turinio kokybinės ir kiekybinės analizės tyrimai atlikti Baltijos pajūrio tyrimų ir planavimo instituto laboratorijoje. Iš viso išanalizuoti 134 skrandžio turiniai. Mikrobiologiniams tyrimams buvo homogenizuoti 235 vandens gyvūnai: šoniplaukų – 90, mizidžių – 110, žuvų lervų – 35.



1 pav. Tyrimų rajonas. Mėginių ėmimo stotys. 1 stotis – Malkų įlanka, 2 stotis – Kiaulės nugara
Fig. 1. Study area. Sampling stations: 1 st. – Malkų Bay, 2 st. – Kiaulės nugara

Skrandžiai išpreparuojami naudojant stovinę lupą (didinimo galia 10 ir 30 kartų). Skrandžio turinio kokybinė sudėtis nustatyta mikroskopu (didinimo galia 600×). Aptikti dietos komponentai apibūdinti remiantis įvairių autorių parengtais vadovais [3, 19–20].

Mikroorganizmų, asocijuotų su vandens gyvūnais, tyrimai atlikti Ekologijos instituto Gėlųjų vandenų ekologijos laboratorijoje. Gyvūnai tyrimams buvo atvežami anabiozės būsenoje (leduose). Vienos rūšies vandens gyvūnai homogenizuojami ir atskiedžiami steriliu fiziologiniu tirpalu (NaCl 0,9%) 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} . Skirtingų fiziologinių grupių mikroorganizmų išskyrimui gauta suspensija po 0,1 ml paviršiniu metodu užsėjama ant mitybinių terpių: mėsos peptono agaras (MPA) – heterotrofinėms bakterijoms, pieno agaras (PA) – proteolitinėms bakterijoms, krakmolo agaras (KA) – amilolitinėms bakterijoms, Endo terpė – žarnyno grupės bakterijoms, Vorošilovos–Dianovos agaras (VDA) – angliavandenilius skaidančioms bakterijoms (kaip anglies šaltinis naudojamas mazutas), naudojantis Kuznetsovo, Dubininos ir Šyvokienės [14, 22] metodikomis. Užsėjama trimis pakartojimais. Pasėliai inkubuojami 3–10 dienų 22 – 25°C temperatūroje. Po inkubacijos suskaičiuotos išaugusių bakterijų kolonijos kiekvienoje lėkštelėje ir jų kiekis perskaičiuotas 1 g homogenizuotos kūno masės, 1 ml vandens, 1 g grunto.

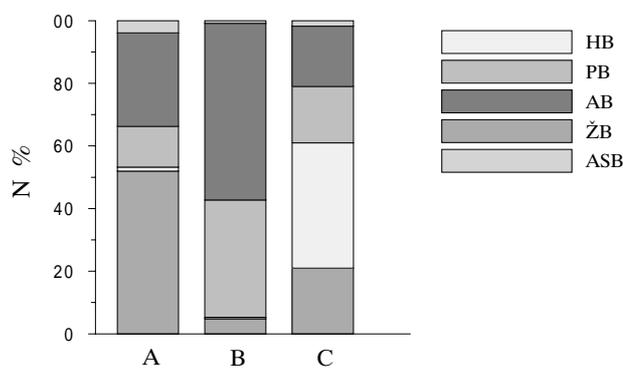
1 lentelė. Tiriamojo rajono aprašymas
Table 1. Description of the study region

	Pavasaris		Vasara		Ruduo	
	Malkų įlanka (1st.)	Kiaulės nugara (2st.)	Malkų įlanka (1st.)	Kiaulės nugara (2st.)	Malkų įlanka (1st.)	Kiaulės nugara (2st.)
Vandens T (°C)	9,5	11,4	18	20	8,1	9,8
Atmosferos T (°C)	12	12	17	17	11	11
Druskingumas (PSU)	0,12	0,12	3,15	1,5	0,47	0,4
Vėjas (m/s)	3–5 P/R	10–15 P/R	3–6 Š/V	12–15 Š/V	7–8 Š/V	7–8Š/V
Naftos angl. kiekis vandenyje (mg/l)(DLN 0,05)	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01
Naftos angl. kiekis grunte (mg/kg) (DLN 20)	5,6	3,5	5	3	4,5	4
Zooplanktono gausumas (ind./l)	–	10,9	–	34,1	–	8,3
Fitoplanktono gausumas (mln ląst./l)	–	8,4	–	6	–	5,2

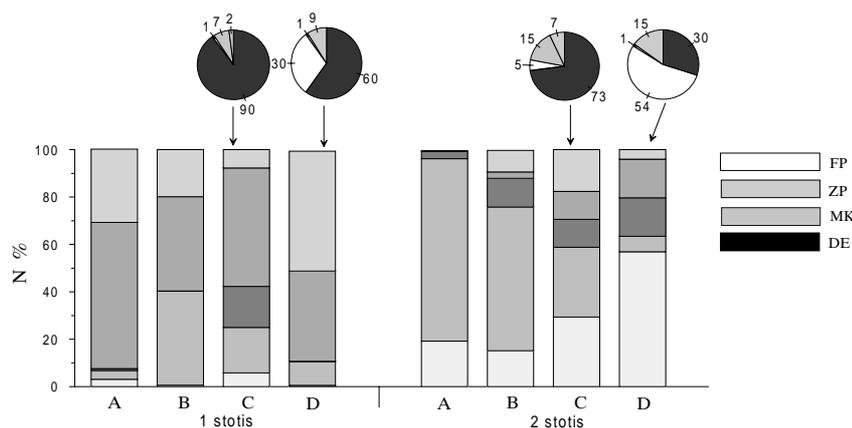
REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Mūsų atliktais tyrimais, šoniplaukų (C) (*Pontogammarus robustoides*, *Chaetogammarus warpachowskyi*), mizidžių (D) (*Paramysis lacustris*, *Limnomysis benedeni*), ir 2 žuvų lervų (E) rūšys – kuojos (*Rutilus rutilus* L.) ir tryspyglės dyglės (*Gasterosteus aculeatus* L.) endosistemose nustatytas platus bakterijų funkcinų grupių spektras (2–5 pav., 2, 3 lentelės). Bakterijų gausumas tirtų vandens gyvūnų endosistemose svyravo ir tiesiogiai priklausė nuo mitybos. Todėl organinių substratų skaidymas ir išsavinimo intensyvumas gali svyruoti gana plačiose ribose. Tyrimuose *in vitro* alkanų mizidžių endosistema nebuvo sterili (2 pav., A, 2 lentelė). Daugiausia heterotrofinių bakterijų, būdingų vandens gyvūnams (kurių dietos racioną sudaro gyvūninis maistas), nustatyta mizidžių, maitintų *Daphnia* sp., endosistemoje. Pažymėtina, kad mizidžių, maitintų dumbliais *Chlorella* sp., endosistemoje vyravo amilolitinės bakterijos, turinčios, substratą atitinkantį fermentą amilazę. Mokslininkų duomenimis [22], augalėdžių žuvų (baltųjų amūrų), mitusių augaliniu maistu, bakteriocenozėse taip pat vyravo amilolitinės bakterijos. Tačiau greta minėtų funkcinų grupių bakterijų tirtų gyvūnų endosistemose išskirtos žarnyno grupės bakterijos, nebūdingos normaliai endosistemos bakterioflorai, kurios sudarė daugiau nei 50% tirtų bakterijų. Tai alochtoninė mikroflora, patenkanti iš užterštos aplinkos, kurioje vandens gyvūnai gyvena [10, 12]. Gauti tyrimai rodo, kad tirtų vandens gyvūnų endosistemoje esanti bakterioflora, jos gausumas ir funkcinė

veikla priklausė nuo gyvūno mitybos specifiškumo bei supančios aplinkos. Autorių įrodyta [17, 21–23], kad pagrindinį vaidmenį čia atlieka sparčiai besivystančios heterotrofinės, proteolitinės ir amilolitinės bakterijos, pasižyminčios dideliu medžiagų apykaitos aktyvumu. Savo ruožtu bakterijos yra ir eukariotinių mikroorganizmų maisto šaltinis. Šiuo keliu medžia-

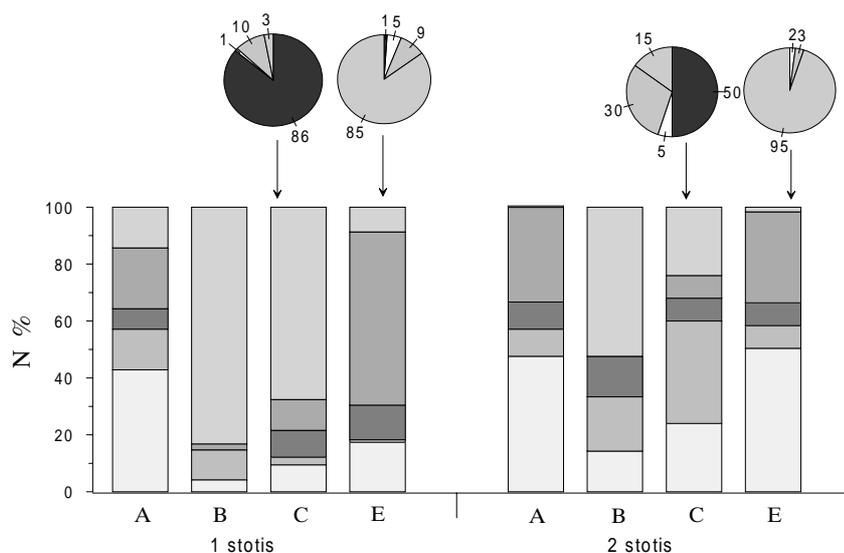


2 pav. Eksperimente (*in vitro*) mizidžių endosistemos bakteriofloros santykinis gausumas (N, %). A – alkanai gyvūnai, B – maitinti žaliadumbliu *Chlorella vulgaris*, C – maitinti *Daphnia* sp. Legendoje HB – heterotrofinės, PB – proteolitinės, AB – amilolitinės, ŽB – žarnyno grupės, ASB – naftos angliavandenilius skaidančios bakterijos
Fig. 2. Relative abundance (N, %) of bacterial groups in mysid endosystems under experimental conditions (*in vitro*); A – empty guts, B – feed on *Chlorella vulgaris*, C – feed on *Daphnia* sp. HB – heterotrophic bacteria, PB – proteolytic bacteria, AB – amylolytic bacteria, ŽB – coliform group bacteria, ASB – hydrocarbon-degrading bacteria



3 pav. Pavasarį bakteriofloros santykinis gausumas (N %) Kuršių marių vandenyje (A), sedimentuose (B), šoniplaukų (C) ir mizidžių (D) endosistemose. 1 stotis – Malkų įlanka, 2 stotis – Kiaulės nugara. Apskritimuose pavaizduota procentinė maisto komponentų sudėtis hidrobiontų skrandžiuose: FP – fitoplanktonas, ZP – zooplanktonas, MK – makrofitai, DE – detritas. Bakteriofloros funkcinį grupių paaškinimus žr. 2 paveiksle

Fig. 3. Relative abundance (N, %) of bacterioplankton in different objects (A – in water, B – in sediments, C – in gamarid and D – in mysid endosystems) and stations in spring. In circle – different food components (%) in the guts of animals: FP – phytoplankton, ZP – zooplankton, MK – filaments of macrophytes, DE – detritus. For abbreviations, see Fig. 2



4 pav. Vasarą bakteriofloros santykinis gausumas (N %) Kuršių marių vandenyje (A), sedimentuose (B), šoniplaukų (C) ir žuvų lervų (E) endosistemose. 1 stotis – Malkų įlanka, 2 stotis – Kiaulės nugara. Apskritimuose pavaizduota procentinė maisto komponentų sudėtis hidrobiontų skrandžiuose. Paaškinimus žr. 2 ir 3 paveiksluose

Fig. 4. Relative abundance (N, %) of bacterioplankton in different objects (A – in water, B – in sediments, C – in gamarid and E – in fish larvae endosystems) and stations in summer. For abbreviations, see Figs. 2, 3

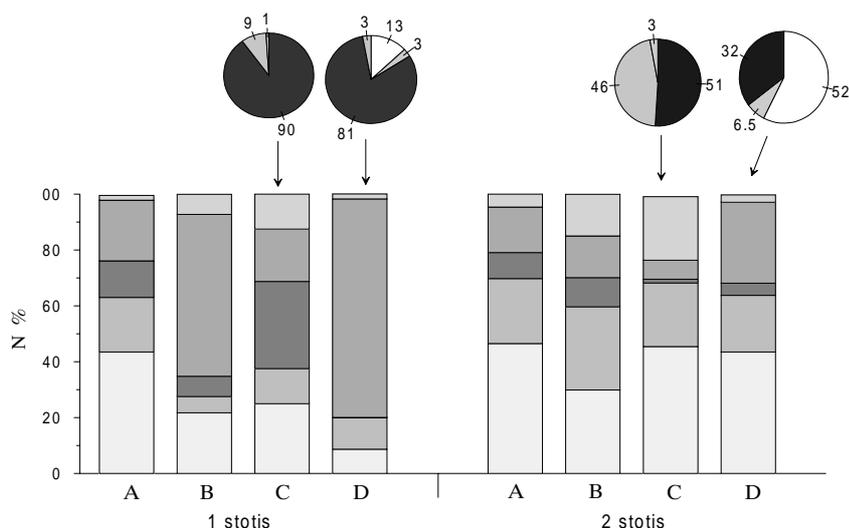
gos ir energija vėl grįžta į klasikinę mitybinę grandinę. Be normalios endosistemos mikrofloros, atliekančios svarbų vaidmenį mitybinių substratų skaidyme ir apsaugančios makroorganizmo imuninę sistemą, iš tirtų *in vitro* vandens gyvūnų endosistemos,

ninės bakteriofloros gausumą ir funkcinį aktyvumą. Dėl minėtos priežasties gyvūnų, surinktų Malkų įlankoje, endosistemos bakteriocenozėse buvo nustatytos pažaidos, silpninančios bakterijų vaidmenį virškinimo procese.

be jau minėtų žarnyno grupės bakterijų, kurios į gyvūnų endosistemą patenka iš aplinkos, užterštos buitinais nutekamaisiais vandenimis ir nafta [4, 13, 15], buvo gausiai išskirtos angliavandenilius skaidančios bakterijos. Jų daugiausia nustatyta mizidžių, maitintų *Daphnia* sp., endosistemoje (2 pav., C, 2 lentelė).

Tyrimuose *in situ* Kuršių marių Malkų įlankoje (1 st.) ir Kiaulės nugaroje (2 st.) surinktų Ponto-Kaspijos aukštesniųjų vėžiagyvių ir žuvų lervų endosistemos bakterijų vaidmuo mityboje buvo vertinamas priklausomai nuo sezoniskumo, gyvūno mitybos spektro, biotopo ekologinės situacijos.

Atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad pavasarį ir vasarą, intensyvios vandens gyvūnų mitybos metu, jų endosistemoje išskirtos specifinės fermentine veikla atitinkanti substratą bakterijų grupės (3 pav., C, D; 4 pav., C, D, 3 lentelė). Pavasarį Malkų įlankoje vandenyje ir sedimentuose gausiai išskirtos žarnyno grupės ir angliavandenilius skaidančios bakterijos (3 pav., A, B, 1 st.), kurios nusako biotopo užterštumą buitinėmis nuotėkomis ir nafta. Šoniplaukų, mitusių daugiausia detritu (3 pav., C, 1 st.), mizidžių, mitusių detritu ir zooplanktonu, endosistemose didesnę tirtų bakterijų dalį taip pat sudarė žarnyno grupės ir angliavandenilius skaidančios bakterijos (3 pav., D, 1 st.). Atlikti tiriamųjų stočių vandens ir sedimentų kiekybiniai naftos angliavandenilių tyrimai rodo, kad pastarųjų gausumas buvo didžiausias Malkų lankos stotyje (1 lentelė). Tai patvirtina ir šioje stotyje surinktų vandens gyvūnų mikrobiologiniai tyrimai. Jų įsivyravimas normalios mikrofloros cenozeje nustelbia autochto-



5 pav. Rudenį bakteriofloros santykinis gausumas (N %) Kuršių marių vandenyje (A), sedimentuose (B), mizidžių (C) ir šoniplaukų (D) endosistemoje. 1 stotis – Malkų įlanka, 2 stotis – Kiaulės nugaras. Apskritimuose pavaizduota procentinė maisto komponentų sudėtis hidrobiontų skrandžiuose. Paaiškinimus žr. 2 ir 3 paveiksluose

Fig. 5. Relative abundance (N, %) of bacterial groups in different objects (A – in water, B – in sediments, C – in mysid and D – in gammarid endosystems) and stations in autumn. For abbreviations, see Figs. 2, 3

Kiaulės nugaros stotyje vandens, sedimentų ir vandens gyvūnų (3 pav., A–D, 2 st., 3 lentelė) mikrobiologiniai duomenys, nusakantys bakterinio virškinimo efektyvumą, buvo gerokai palankesni negu iš Malkų įlankos. Kiaulės nugaroje surinktų vandens gyvūnų dietos racionas buvo įvairesnis negu vandens gyvūnų, surinktų Malkų įlankoje. Pvz., šoniplaukų ir mizidžių mitybos spektras buvo platesnis, palyginti su panašiais parametrais gyvūnuose iš Malkų įlankos (3 pav., C, D, 1, 2 st.). Šoniplaukų skrandžiuose nustatytas įvairios sudėties maistas: detritas, zoo-, fitoplanktonas, makrofitai, kurio skaidyme dalyvavo heterotrofinės, proteolitinės ir amilolitinės bakterijų fermentinės sistemos (3 pav., C, 2 st.), o mizidžių maistą sudarė gyvūninis maistas, kuris nulėmė heterotrofi-

denilius skaidančių bakterijų buvo daug mažiau negu Malkų įlankos sedimentuose 4 pav., B, 1 st. 4 pav., A, B, 2 st.), nustatyta gausiai heterotrofinių, kiek mažiau – proteolitinių ir amilolitinių bakterijų, savo fermentinėmis sistemomis skaidančių gyvūninį maistą ir taip atliekančių didžiulį vaidmenį mityboje ir virškinimo procese (4 pav., E, 2 st.).

Rudenį didžiausios pažaidos nustatytos mizidžių, surinktų Malkų įlankoje, bakteriocenozėse (5 pav., D, 1 st., 3 lentelė). Priešingai, Kiaulės nugaroje surinktų mizidžių endosistemoje bakteriocenozė pažaidos buvo žymiai mažesnės (5 pav., C, 2 st.). Čia gyvūninis maistas mitusių mizidžių endosistemoje vyravo normalios bakteriofloros funkcinės grupės – heterotrofinės ir proteolitinės bakterijos.

Daugeliui bakterijų būdingas gebėjimas pagaminti ir išskirti į aplinką fermentus, dėl kurių veikimo įvairios organinės, neorganinės bei sintetinės medžiagos tampa tinkančios bakterijų maistui. Kai kurios bakterijų grupės lengvai pasisavina kitų bakterijų išskirtus metabolitus ir todėl intensyviai vystosi. Galimas dalykas, kad kitos rūšys vystosi vartodamos organinius ir mineralinius teršalus [6]. Suprantama, dideli organinės medžiagos kiekiai patenka į endosistemą betarpiškai mitybos proceso eigoje su zooplanktonu. Vandens gyvūnų, mįtančių gyvūniniu maistu, endosistemoje visada gausu heterotrofinių

2 lentelė. Vidutinis bakterijų gausumas (mln ląstelių/g⁻¹ homogenizuotos masės) eksperimentinių mizidžių endosistemoje. HB – heterotrofinės bakterijos, PB – proteolitinės bakterijos, AB – amilolitinės bakterijos, ŽB – žarnyno grupės bakterijos, ASB – naftos angliavandenilius skaidančios bakterijos

Table 2. Mean number of microorganisms in the endosystem of experimental mysids (mill. cell/g⁻¹). HB – heterotrophic bacteria, PB – proteolytic bacteria, AB – amylolytic bacteria, ŽB – coliform group bacteria, ASB – hydrocarbon-degrading bacteria

Tyrimų objektas	HB	PB	AB	ŽB	ASB
Alkanos mizidės	0,01	0,1	0,23	0,4	0,03
Mizidės, maitintos <i>Chlorella</i> sp.	0,01	0,93	1,4	0,12	0,02
Mizidės, maitintos <i>Daphnia</i> sp.	1,6	0,72	0,77	0,84	0,07

3 lentelė. Vidutinis bakterijų gausumas vandens gyvūnų endosistemoje, grunte (mln ląstelių/g⁻¹), vandenyje (mln ląstelių/ml⁻¹). HB – heterotrofinės bakterijos, PB – proteolitinės bakterijos, AB – amilolitinės bakterijos, ŽB – žarnyno grupės bakterijos, ASB – naftos angliavandenilius skaidančios bakterijos

Table 3. Mean number of microorganisms in the digestive tract of hydrobionts, ground (mill. cell/g⁻¹) and water (mill. cell/ ml⁻¹). HB – heterotrophic bacteria, PB – proteolytic bacteria, AB – amylolytic bacteria, ŽB – coliform group bacteria, ASB – hydrocarbon-degrading bacteria

Tyrimų objektas	Pavasaris					Vasara					Ruduo				
	HB	PB	AB	ŽB	ASB	HB	PB	AB	ŽB	ASB	HB	PB	AB	ŽB	ASB
Vanduo (1 st.)	0,005	0,006	0,001	0,1	0,05	0,006	0,002	0,001	0,003	0,002	0,02	0,009	0,006	0,01	0,0008
Vanduo (2 st.)	0,05	0,2	0,008	0,0007	0,00008	0,01	0,002	0,002	0,007	0,0001	0,02	0,01	0,004	0,007	0,002
Gruntas (1 st.)	0,003	0,2	–	0,2	0,1	0,04	0,1	–	0,02	0,79	0,03	0,008	0,01	0,08	0,01
Gruntas (2 st.)	0,05	0,2	0,04	0,009	0,03	0,03	0,04	0,03	–	0,11	0,02	0,02	0,007	0,01	0,01
Mizidės (1 st.)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	0,13	0,0005	0,9	0,02
Mizidės (2 st.)	0,0004	0,008	0,0001	0,03	0,04	–	–	–	–	–	0,3	0,14	0,03	0,2	0,018
Lervos (1 st.)	–	–	–	–	–	0,2	0,01	0,14	0,7	0,1	–	–	–	–	–
Lervos (2 st.)	0,07	0,008	0,02	0,02	0,005	0,63	0,1	0,1	0,4	0,02	–	–	–	–	–
Šoniplaukos (1 st.)	0,03	0,1	0,09	0,26	0,04	0,07	0,02	0,07	0,08	0,5	0,04	0,02	0,05	0,03	0,02
Šoniplaukos (2 st.)	0,1	0,1	0,04	0,04	0,06	0,06	0,09	0,02	0,02	0,06	0,02	0,01	0,0006	0,003	0,01

ir proteolitinių bakterijų (2 pav., C; 4 pav., D, 2 st.; 5 pav., C, 2 st.).

Aplinkoje (vandenyje, sedimentuose), kurioje gyvena vandens gyvūnai, nustatytas gerokai siauresnis bakterijų grupių spektras. Jų gausumas mažesnis negu vandens gyvūnų endosistemoje esančių bakterijų (3 pav., A, B; 4 pav., A, B; 5 pav., A, B, 3 lentelė). Pažymėtina, kad iš Malkų įlankos aplinkos (vandens, sedimentų) ir tirtų vandens gyvūnų endosistemos išskirtos mikrobendrijai nebūdingos bakterijų populiacijos. Galima teigti [3, 4, 13], kad tirtiems vandens gyvūnams Malkų įlanka yra nesaugi vandens zona, užteršta nafta ir buitinėmis nuotėkomis. Didelis nuotėkis iš sausumos į Kuršių marias neša daug organinių medžiagų ir biogeninių elementų, stiprindamas jų eutrofikaciją, bet nafta ir naftos produktai yra pagrindiniai teršalai, patenkantys į marias dideliais kiekiais [4]. Pasak Žaromskio [13], apie 80% visų naftos produktų, per metus patenkančių į marias, atplaukia su Nemuno vandenimis, todėl Nemuno deltoje naftos angliavandenilių koncentracijos dažnai viršija leistinas normas (0,05 mg/l). Taip pat iš bendro fono išsiskiria Malkų įlankos rajonas, kur yra Klaipėdos miesto buitinių nuotėkų išleistuvas. Čia naftos angliavandenilių koncentracijos taip pat būna maksimalios. Metų eigoje mažiausios koncentracijos būna žiemos mėnesiais – 0,00–0,15 mg/l [4]. Sedimentuose visais metų laikais didžiausios jų koncentracijos aptinkamos Malkų įlankos akvatorijoje. Vasarą ir rudenį siekia 10,0 mg/100g sauso grunto.

Mūsų mikrobiologiniai vandens, sedimentų ir hidrobiontų duomenys rodo, kad juose gausu angliavandenilius skaidančių bakterijų (3 pav., A, B; 4 pav., A, B; 5 pav. A, B). Gausiausiai jų išskirta mizidžių endosistemoje, kurių dietos racione vyravo detritas (5 pav., C, 2 st.). Net alkanose šoniplaukose (eksperimente *in vitro*) greta normalios bakteriofloros gausiai išskirtos angliavandenilius skaidančios bakterijos (2 pav., A, 2 lentelė). Manoma, kad pastarosios į mizidžių endosistemą pateko iš užterštos aplinkos. Mizidės buvo surinktos Malkų įlankoje, kurioje visais tirtais atvejais gausu angliavandenilius skaidančių ir žarnyno grupės bakterijų. Mokslininkų pastebėta [15], kad tai būdinga vandens gyvūnams, esantiems užterštuose biotopuose. Autorius nurodo, kad minėti gyvūnai naftos angliavandenilius naudoja kaip vienintelį anglies šaltinį.

Dėl antropogeninio poveikio gyvūnų gyvenamajai aplinkai sutrinka endosistemos bakteriocenozė pusiausvyra, kinta bakterijų pusiausvyra, susiformavusi evoliucijos eigoje. Todėl mikrobiologiniai poikiloterminių gyvūnų tyrimai turi pirmumo reikšmę sprendžiant daugelį kompleksinių ekofiziologinių ir kitų biologinių problemų, siekiant palaikyti normalią bakterioflorą gyvūno organizme. Jau ankstesniais mūsų tyrimais nustatyta, kad gėlavandenėms žuvims, vėžiams ir moliuskams, mintantiems įvairios sudėties maistu, būdinga specifinės fermentinės veiklos bakterioflora, kontroliuojama gyvūno trofika [22, 16]. Autorių nustatyta pagrindinė minėtų vandens gyvūnų virškinamojo trakto bakteriofloros funkcija – per-

teklinių mitybos substratų skaidymas ir trūkstamų pagaminimas. Augalėdžiai vandens gyvūnai kai kuriais aspektais yra panašūs, nes visiems būdinga mityba augalinės kilmės maistu, tačiau cheminė augalų sudėtis gana skirtinga. Todėl svarbu žinoti gyvūno endosistemoje esančių bakterijų tarpusavio santykių specifiškumą, kuris lemia ne tik mitybos specializaciją, bet ir virškinimo procesus. Visadžiai vandens gyvūnai turi platų mitybos spektrą, minta augalinės ir gyvūninės kilmės maistu, taip pat dirbtiniais pašarais [23]. R. Jankauskienės duomenimis [1–2], Ponto-Kaspijos aukštesniųjų vėžiagyvių ir žuvų lervų dietos racioną formuoja detritas, fitoplanktonas, zooplanktonas ir makrozoobentosas. Šoniplaukos teikia pirmenybę augaliniam maistui ir detritui. Mizidės dieną negausiai ėda zooplanktoną, tačiau jų ėdimas labai kinta per parą – naktį zooplanktono suvartojimas padidėja. Vandens gyvūno maisto cheminė sudėtis labai svarbi virškinamojo trakto bakterijų funkciniam aktyvumui. Tai įrodyta tiriant gėlavandenes žuvis, mintančias dirbtiniais pašarais [22–23].

Remiantis nustatytų vandens gyvūnų endosistemoje bakterijų gausumu, jų funkcinės veiklos ryšiu su mitybiniais substratais, galima teigti, kad tirtų vandens gyvūnų endosistemoje *in vitro* ir gyvūnuose iš Kuršių marių su mažiausiu antropogeniniu presu (Kiaulės nugarą) vyksta intensyvūs bakterinio virškinimo procesai, atliekantys svarbų vaidmenį aukštesniųjų vėžiagyvių ir žuvų mityboje. Didžiausias heterotrofinių bakterijų gausumas yra $1,6 \cdot 10^6$ ląstelių g^{-1} homogenizuotos masės (2 pav., 2 lentelė) nustatytas mizidžių, šertų dafnijomis, endosistemoje, o amilolitinių bakterijų – mizidžių, mitusių chlorela, $1,4 \cdot 10^6$ ląstelių g^{-1} homogenizuotos masės. Tačiau didžiausios bakterinio virškinimo pažaidos buvo nustatytos vandens gyvūnuose, surinktuose Malkų įlankoje dėl išsivyravusių gyvūnų endosistemoje žarnyno grupių ir angliavandenilių skaidančių bakterijų (3 lentelė). Tai rodo šios ekosistemos užterštumą buitinėmis nuotėkomis ir naftos produktais.

Antra vertus, dėl minėtų vandens gyvūnų endosistemoje esančių ksenobiotikus skaidančių bakterijų vyksta vandens ekosistemų savaiminis apsivalymas, o iš to, kad vandens gyvūnų endosistemoje gausu angliavandenilių skaidančių ir žarnyno grupės bakterijų, galima spręsti, jog jie yra ryškiausi taršos biomarkeriai.

Gauta
2001 08 20

Literatūra

1. Jankauskienė R., Šyvokienė J., Mickėnienė L. Naftos angliavandenilių poveikis Kuršių marių aukštesniųjų vėžiagyvių ir žuvų mailes virškinamojo trakto bakteriocienozei. *Ekologija*. 1999. Nr. 2. P. 71–79.

2. Jankauskienė R. Žuvų lervučių bei Ponto-Kaspijos aukštesniųjų vėžiagyvių mitybos strategijos pokyčiai laike. *Ekologija*. 2000. Nr. 4. P. 10–18.
3. Jankavičiūtė G. *Lietuvos vandenų vyraujantys dumbliai*. Vilnius, 1996. 263 p.
4. Jašinskaitė A., Jančiauskienė V., Kondratjeva L. *Teršalų tyrimai Kuršių mariose. Kuršių marių ir Baltijos jūros aplinkos būklė*. Aplinkos ministerijos jūrinių tyrimų centro mokslinis-informacinis leidinys, 1998. P. 91–96.
5. Marian M. Cahill. Bacterial Flora of Fishes. *A Review. Microbial Ecology*. 1990. No. 19. P. 21–41.
6. Moriarty D. J. W. Interaction of microorganisms and aquatic animals, particularly the nutritional role gut flora. *Microbiology in Poecilotherms*. Elsevier Amsterdam. New-York, Oxford. 1990. P. 171–176.
7. Onarheim A. M., Raa I. Characteristics and possible significance of an autochthonous flora in the intestinal mucosa of sea – water fish. *Microbiology in Poecilotherms* (R. Lesel ed.). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V., 1999. P. 197–201.
8. Sugita H. Takahashi J., Degushi Y. Production and consumption of biotin by the intestinal microflora of cultures freshwater fish. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 1992. Vol. 56, No 10. P. 1678–1679.
9. Sugita H., Nakamura T., Deguchi Y. Characterization of *Plesiomonas shigelloides* isolated from freshwater fish with plate hybridization method. *J. Food Protect* No. 56(11). 1993. P. 949–953.
10. Šyvokienė J., Mickėnienė L. Microorganisms in the digestive tract of fish as indicators of feeding condition and pollution. *ICES Journal of Marine Science*. No. 56. Supplement. 1999. P. 147–149.
11. Šyvokienė J., Mickėnienė L. The effect of heavy metals on microorganisms of the digestive tract of hidrobionts. *Heavy metals in the environment: An integrated approach*. Edited by D. A. Lovejoy. Vilnius, 1999. P. 248–255.
12. Šyvokienė J., Mickėnienė L. Drūkšių ežero moliuskų žarnyno bakteriocienozių tyrimai. *Ekologija*. 2000. Nr. 2. P. 20–26.
13. Žaromskis R. *Okeanai, jūros, estuarijos*. Vilnius, 1996. P. 285–287.
14. Кузнецов С. И. Дубинина Г. А. *Методы изучения водных микроорганизмов*. Москва, 1989.
15. Миронов О. Г. *Взаимодействие морских организмов с нефтяным загрязнением*. Ленинград, 1985.
16. Мицкене Л. *Микрофлора пищеварительного тракта речных раков и ее связь с питанием*. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Минск, 1992.
17. *Облигатный симбиоз микрофлоры пищеварительного тракта и организма*. Вильнюс: Мокслас, 1989.
18. Уголев А. М., Кузьмина В. В. *Пищеварительные процессы и адаптации у рыб*. Санкт-Петербург: Гидрометиздат, 1993. С. 74–77.
19. Цалолихин С. Я. *Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий*. Санкт-Петербург. 1994. Т. 1–2.
20. Цветкова Н. Л. *Прибрежные гамариды северных и дальневосточных морей СССР и сопредельных вод*. Ленинград: Наука. 1975. 252 с.
21. Шивокене Я. С. *Микрофлора пищеварительного тракта прудовых рыб и ее биохимическая актив-*

- ность. Автореф. дис. канд. биол. наук. Вильнюс, 1973.
22. Шивокене Я. *Симбионтное пищеварение у гидробионтов и насекомых*. Вильнюс: Мокслас, 1989а.
 23. Шивокене Я. *Экологические аспекты симбионтного пищеварения у гидробионтов*. Автореф. докт. дис. Москва, 1989б.

J. Šyvokienė, R. Jankauskienė, G. Voverienė

IMPORTANCE OF BACTERIA ASSOCIATED WITH FISH LARVAE AND PONTO-CASPIAN HIGHER CRUSTACEANS IN NUTRITION PROCESS

S u m m a r y

Investigations were carried out with four introduced species of higher crustaceans: gamarids (C) (*Pantogammarus robustoides*, *Chaetogammarus warpachowskyi*), mysids (D) (*Paramysis lacustris*, *Limnomysis benedeni*, two species of fish larvae (E) – roach (*Rutilus rutilus* L.) and three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.). Samples were taken from the littoral area of the Northern part of Curonian lagoon in spring, summer and autumn periods *in vitro* and *in situ*. Totally, contents of 134 digestive tracts were analysed. Homogenisation of 235 hydrobionts was performed for microbiological analysis: gamarids – 90, mysids – 110, fish larvae – 35.

The role of bacteria in nutrition process was evaluated according to seasonality, spectrum of nutrition, ecological situation of a biotope.

It was established that the endosystem of gammarus, mysids and fish larvae contains a wide spectrum of func-

tional groups of bacteria. The viable count of bacteria in the digestive tract of aquatic organisms was fluctuating and depended on the aspects of nutrition. The functional activity of bacteria was fluctuating according to the specificity of nutrition of animals and of the environment. The highest number of heterotrophic bacteria (1.6×10^6 cells g^{-1}) was established in hydrobionts feeding on other aquatic organisms (*Daphnia* sp.), the highest number of amylolytic (1.4×10^6 cells g^{-1}) bacteria was established in hydrobionts fed on algae (*Chlorella vulgaris*) *in vitro*.

Hydrocarbon-degrading and total coliform bacteria are non-characteristic microflora in the endosystem of the organisms studied, entering the digestive tract from the environment. The spectrum of bacteria in the environment (water, sediments) is considerably narrower.

Hydrocarbon-degrading and total coliform bacteria were found to predominate in water and sediments from Malkū Bay. This phenomenon shows a contamination of the area with oil products and wastewater. Microbiological data on the endosystems of the study animals confirm this fact. The most significant damage was established in mysids collected from Malkū Bay. According to the viable count of bacteria in the endosystem of aquatic organisms from Kiaulės Nugara and the connection between the functional activity and nutrition it could be affirmed that the intensive processes of bacterial digestion in the organisms investigated *in situ* and *in vitro* are taking place, playing a very important role in the nutrition of higher crustaceans and fish fry.

Key words: higher crustaceans, fish larvae, bacteria, endosystem, nutrition