

УДК: 579.26:574.5

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ ЭНТЕРОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОДЫ И РЫБЫ В ДЕЛЬТЕ Р. ВОЛГИ

Ларцева Любовь Владимировна¹, Обухова Ольга Валентиновна², Бармин Александр Николаевич¹, Валов Михаил Викторович¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный университет»

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет»
lartsevaolga@mail.ru, obuhowa-ov@yandex.ru, kamalf@bk.ru, m.v.valov@mail.ru

вода, рыба, энтеробактерии, сезонная динамика, галотолерантность

Установлено широкое распространение бактерий сем. Enterobacteriaceae в воде и судаке в дельте р. Волги. В их микробном пейзаже они составляли значительную часть, имея сезонную цикличность. Их штаммы имели максимальные показатели персистенции в летний сезон и небольшое снижение жизнедеятельности осенью. У выделенных энтеробактерий определен высокий потенциал галофильности, который позволяет им сохраняться в соленой продукции, обуславливая кишечные инфекции людей

ECOLOGICAL PLASTICITY OF ENTEROBACTERIA ISOLATED FROM WATER AND FISH IN THE VOLGA RIVER DELTA

Lyubov V. Lartseva¹, Olga V. Obukhova², Aleksandr H. Barmin¹, Mihail V. Valov¹

¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University"

² Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State Technical University"

water, fish, enterobacteria, seasonal dynamics, halotolerance

The wide spread of bacteria of Enterobacteriaceae family in water and pike-perch in the Delta of Volga river is established. In their microbial landscape, they made up a significant part, having seasonal cyclicality. Their strains had maximum persistence in the summer season and a slight decrease in vital activity in autumn. The isolated Enterobacteriaceae have a high halophilic potential, which allows them to remain in salty products, causing intestinal infections in humans

В настоящее время отмечена неблагоприятная тенденция роста заболеваемости людей острыми кишечными заболеваниями, обусловленными условно-патогенными энтеробактериями, передаваемые водным путем. Ведущим фактором их распространения в воде и рыбе является высокая экологическая пластичность ко многим абиотическим факторам водной среды: солености, температурному и кислородному режиму, а также к некоторым токсическим веществам [1, 2, 3, 17].

подавляющее большинство явлений, наблюдаемых в естественных условиях, является результатом эволюционно сложившихся форм существования различных ассоциаций микроорганизмов. Последние представляют собой смешанные культуры бактерий огромного биологического разнообразия, составляющего, например, микробиоценоз гидроэкосистем. При этом они находятся под влиянием какого-либо фактора, ограничивающего рост их популяций [2, 9].

Микробиологический мониторинг воды и судака осуществлен в районах его обитания в 1995-2010 гг. на р. Бузан, Белинском, Главном и Гандуринском банках дельты р. Волги. Материалом для исследования служили жабры, кишечник и паренхиматозные органы рыб; параллельно проводили отбор проб воды. Проанализировано 883 штамма энтеробактерий,

выделенных из рыбы и 150 штаммов, изолированных из воды. При проведении лабораторных исследований использовали стандартные и усовершенствованные методы. Учитывали рост бактериальных культур при 27 и 37° С. Качественный состав выделенной микрофлоры осуществляли по определителям [12, 14].

Анализ фактического материала показал, что в удельном весе всей выделенной микрофлоры энтеробактерии в воде составляли $24,0 \pm 0,8$; в рыбе - $25,5 \pm 0,9\%$ проб ($P < 0,05$; $r = 0,87$). Видовое разнообразие этих бактерий, обсеменяющих воду и судака составляли штаммы отнесенные к 9 родам: *Citrobacter*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Morganella*, *Proteus*, *Providencia*, *Salmonella*.

Среди всей выделенной и разнообразной микрофлоры в воде они составляли $24,0 \pm 0,8$; в рыбе - $25,5 \pm 0,9\%$ проб. Ранее в дельте р. Волги и Каспийском море энтеробактерии составляли значительную долю в микробиоценозе воды и ценных видах рыб, в том числе осетровых [4, 6, 8, 10], что свидетельствует об их высокой экологической пластичности. В 2014г. при микробиологическом анализе воды и рыбы была отмечена аналогичная тенденция [11].

В исследуемых пробах в структуре семейства наиболее часто регистрировали протеи, морганеллы и провиденсии, т.е. бактерии группы протея, которые выделяли из воды и рыбы в $42,0 \pm 0,8$ и $46,7 \pm 0,9\%$ случаев, соответственно в структуре анализируемого семейства. Среди протеев численность штаммов *Pr. vulgaris* и *Pr. mirabilis* была значительно выше, чем содержание других представителей этой группы микроорганизмов. Штаммы *S. freundii* преобладали среди выделенных цитробактеров, составляя в воде и рыбе, соответственно, $24,0 \pm 0,6$ и $22,3 \pm 0,8\%$ проб.

Кишечные палочки и сальмонеллы в исследуемом материале были представлены единичными штаммами. Их регистрировали в воде в 1,3 раза чаще, чем из рыбы ($P < 0,05$; $r = 0,83$). При этом, они обсеменяли в основном желудочно-кишечный тракт и жаберную ткань, играя роль транзитной микрофлоры. Доминирующие группы энтеробактерий – протеи и цитробактеры в воде и рыбе регистрировались чаще в 1,2–1,5 раза в акваториях р. Бузан, а также эвтрофированных Гандуринского и Белинского банков, чем в районе проточного Главного банка ($P < 0,05$; $r = 0,84$). Следовательно, многолетнее антропогенное воздействие на исследуемую гидросистему определило формирование сообществ условно-патогенных энтеробактерий (УПЭ), которые подавляют численность индикаторных микроорганизмов, что согласуется с литературными данными [1].

Основной абиотический фактор всех водных экосистем - это температура воды, которая играет регулируемую роль в экологической пластичности условно-патогенных микроорганизмов. Именно она играет ключевую роль в изменении численности и видового разнообразия УПЭ в вегетационный период в объектах окружающей среды. Благодаря этому абиотическому фактору, по-видимому, можно объяснить экологическую особенность «прихода» и «ухода» сапронозных инфекций людей в разные сезоны года [9, 13].

Анализ фактического материала показал, что летом в воде и рыбе УПЭ имели самый высокий уровень их содержания во всех исследуемых акваториях дельты Волги. Так, весной они обсеменяли воду и рыбу в 14,2 и 19,0%; летом – в 33,8 и 32,4%; осенью – в 24,4 и 25,2% случаев, соответственно. Осенью, по сравнению с летним сезоном, бактериальная обсемененность исследуемых биотопов снизилась только в 1,0-1,3 раза ($P < 0,05$; $r = 0,82$). Видимо, поэтому увеличение кишечных заболеваний в дельтовых районах астраханской области отмечены в конце лета. Следует отметить, что в летнем и осеннем материале, собранном из воды и рыбы преобладали бактерии pp. *Citrobacter* и *Proteus*. Однако среди бактерий группы протея морганеллы и провиденсии из анализируемых проб чаще изолировали ранней весной (в апреле) и поздней осенью (в ноябре), а протеи начинали вегетировать только в середине мая при температуре воды 12-15° С. При этом, летом все штаммы энтеробактерий в 1,2 раза чаще высевали из воды, чем от рыбы ($P < 0,05$; $r = 0,87$), что характерно для возбудителей сапронозных инфекций.

Таким образом, для персистирующих в воде и рыбе-судаке энтеробактерий характерна сезонная цикличность их развития с максимумом летом и небольшим спадом осенью, обусловленная температурным режимом гидроэкосистемы дельты р. Волги.

Известно, что поваренная соль замедляет размножение бактериальных клеток, а также влияет на их биохимические свойства, в частности, подавляет протеолитическую активность, ответственную за автолиз мышечной ткани гидробионтов [5]. Между тем, распространение микроорганизмов в воде и, следовательно, рыбе определено соленостью водоема. Высокая галофильность характерна для вибриофлоры, аэромонад, псевдомонад и некоторой кокковой флоры. Они могут вызывать порчу рыбы даже в соленом виде, ухудшая ее пищевую ценность и обуславливая диарейные инфекции людей [5, 15, 16].

Результаты проведенных экспериментальных работ по испытанию жизнеспособности всех выделенных из воды и рыбы штаммов энтеробактерий в мясо-пептонном бульоне (МПБ) с 3,0; 7,0 и 10,0% содержанием NaCl в течение 24 и 48 часов при 37° С показали, что они имели значительные показатели галотолерантности с их превалированием у водных штаммов [10]. Так, в 3,0%-ной концентрации с NaCl оставались жизнеспособными 87,2 «водных» и 82,9% «рыбных» штаммов. В 7,0%-ной концентрации с NaCl были жизнеспособны 47,3 «водных» и 42,3% «рыбных» штаммов. В 10,0%-ной концентрации с NaCl - 13,9 «водных» и 7,0% «рыбных» штаммов.

Установлено, что бактерии группы протей, цитробактеры и энтеробактеры, обсеменяющие воду и рыбу, обладали максимальной солеустойчивостью: «водные» штаммы в 3%-ном МПБ с NaCl - в 100,0±0,4; 73,8±0,9 и 70,4±0,9% проб, соответственно. Изоляты, выделенные из рыбы, были галофобнее в 1,1-1,2 раза ниже. Подобные данные в дельте р. Волги и Каспийском море были получены ранее [6, 8].

Анализ фактического материала показал сезонную вариабельность солеустойчивости исследуемых энтеробактерий. Установлено возрастание показателей галотолерантности в 7,0%-ном МПБ с NaCl в весенний сезон у «водных» штаммов в 1,3-1,8 раза по сравнению с «рыбными». Осенью эти значения увеличивались в обоих исследуемых биотопах. Повидимому, повышение солености воды в дельтовых акваториях весной и осенью происходило вследствие «морянных» течений определило перемешивание пресных и морских вод и повышенные значения галофильности исследуемых бактерий. Повышенная осенняя галофильность энтеробактерий, обсеменяющих судака, обусловлена его миграцией из Северного Каспия в дельту Волги. Здесь нельзя исключать частичный занос и персистенцию в его организме «морских» штаммов этих микроорганизмов. Возможность длительного персистирования бактерий этого семейства в морских экосистемах отмечена и в литературе [4, 8]. Следовательно, у бактерий этого семейства высока вероятность оставаться жизнеспособной вплоть до готовой соленой продукции и при этом инициировать диарейные инфекции у людей.

Таким образом, анализ фактического материала и литературных данных свидетельствует о частой встречаемости энтеробактерий в воде и рыбе дельты р. Волги, а также наличия у этой группы микроорганизмов значительной температурной адаптации, определяющих их сезонную цикличность и галофильность, которые в комплексе обуславливали экологическую и эпидемиологическую напряженность в дельте р. Волги, особенно в летний и ранне-осенний сезоны.

Литература

1. Анганова, Е.В. Савченков М.Ф., Степаненко Л.А., Савилов Е.Д. Микробиологический мониторинг условно-патогенных энтеробактерий в реке Лене // Гигиена и санитария. 95 (12). - 2016. - С. 1124-1128.
2. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. М.: Медицина, 1999. 366с.
3. Бухарин О.В. От персистенции к симбиозу // Микробиология. 2012. № 4. с. 4-9.
4. Воронина Е.А., Володина В.В., Дьякова С.А., Конькова А.В. Разнообразие паразитов и микроорганизмов у Каспийских сельдевых рыб // Российский паразитологический журнал. - 2017. - Т.41. - вып.3. - С. 220-225.

5. Дараселия Г.Я. Биологическая безопасность продуктов питания: учеб. // Астрахань: Изд-во АГТУ. 2006. - 424 с.
6. Ларцева Л.В. Гигиеническая оценка по микробиологическим показателям рыбы и рыбных продуктов Волго-Каспийского региона: Автореф. дис. ... д-ра. биол. наук, М., 1998. - 44 с.
7. Литвин В.Ю., Гинцбург А.Л., Пушкарева В.И., Романова Ю.М., Боев Б.В. Эпидемиологические аспекты экологии бактерий. М., 1998. - 256 с.
8. Лисицкая И.А. Бактериальные сообщества некоторых компонентов экосистемы дельты Волги и Северного Каспия: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2008. - 23 с.
9. Нетрусов А.И. Экология микроорганизмов. М.: Изд. центр «Академия», 2004. - 272 с.
10. Обухова О.В., Ларцева Л.В. Микробиоценоз воды и судака (*Sander lucioperca*) в дельте р. Волги. Спб. - Из-во «Перспектив науки», 2015. - 224 с.
11. Обухова О.В., Ларцева Л.В., Володина В.В. Динамика условно-патогенной микрофлоры воды и судака в дельте реки Волги. // Сибирский экологич. журн., - №5. - 2017. - С. 655-668.
12. Пивоваров Ю.П., Королик В.В. Санитарно-значимые микроорганизмы. М.: ИКАР. 2000. - 267 с.
13. Сомов Г.П., Бузолева Л.С. Адаптация патогенных бактерий к абиотическим факторам окружающей среды. Владивосток: Примполиграфкомбинат, 2004. - 168 с.
14. Хоулт Дж., Криг Н. Определитель бактерий Берджи. М.: Из-во Мир, 1997. - 799с.
15. Шульгин Ю.П., Лаженева Л.Ю., Шульгина Л.В. Гигиеническая оценка потребления и качества рыбных продуктов // Гигиена и санитария. - № 2. - 2007. - С. 39-42.
16. Levantesi C., Bonadonan L., Briancesco R., Grohmann E. et al. Salmonella in surface and drinking water: Occurrence and water-mediated transmission // Food Res. Int., 2012. - Vol. 45, no. 2. - pp. 587-602.
17. Simon M., Wunsch C/ Temperature control of bacterioplankton growth in a termperature large lake // Aquat. Microb. Ecol. - V. 16. - 1998. - P.119-130.

References

1. Anganova, E.V. Savchenkov M.F., Stepanenko L.A., Savilov E.D. Mikrobiologicheskij monitoring uslovno-patogennyh ehnterobakterij v reke Lene [Microbiological monitoring of conditionally pathogenic enterobacteria in the Lena River]// Hygiene and Sanitation. N95 (12). - 2016. - pp. 1124-1128. (inRussian)
2. Buharin O.V. Persistenciya patogennyh bakterij.[Persistence of pathogenic bacteria]. M.: Medicine, 1999. - 366p.(inRussian)
3. Buharin O.V. Ot persistencii k simbiozu [From persistence to symbiosis] // Microbiology. 2012. -N4. - pp. 4-9.(inRussian)
4. Voronina E.A., Volodina V.V., D'yakova S.A., Kon'kova A.V. Raznoobrazie parazitov i mikroorganizmov u Kapsijskih sel'devykh ryb [Variety of parasites and microorganisms in Caspian herring fish] //Russian parasitological journal. - 2017. - Vol. 41. - vol. 3. - pp. 220-225.(in Russian)
5. Daraseliya G.YA. Biologicheskaya bezopasnost' produktov pitaniya [Biological safety of food] : studies. // Astrakhan: Publishing house of ASTU. 2006. - 424 p. (in Russian)
6. Larceva L.V. Gigienicheskaya ocenka po mikrobiologicheskim pokazatelyam ryby i rybnyh produktov Volgo-Kapsijskogo regiona [Hygienic assessment of microbiological indicators of fish and fish products of the Volga-Caspian region]: Author. dis. ... dr. biol. Sciences, M., 1998. - 44 p.(in Russian)
7. Litvin V.YU., Gincburg A.L., Pushkareva V.I., Romanova YU.M., Boev B.V. Epidemiologicheskije aspekty ehkologii bakterij.[Epidemiological aspects of the ecology of bacteria] M., 1998. - 256 p.(in Russian)
8. Lisickaya I.A. Bakterial'nye soobshchestva nekotoryh komponentov ehkosistemy del'ty Volgi i Severnogo Kapsiya [Bacterial communities of some components of the ecosystem of the Volga delta and the Northern Caspian]: Author's abstract. dis. ... Cand. biol. sciences. Astrakhan, 2008. - 23 p.(in Russian)
9. Netrusov A.I. EHkologiya mikroorganizmov. [Ecology of microorganisms] M.: Izd. Center "Academy", 2004. - 272p.(in Russian)
10. Obuhova O.V., Larceva L.V. Mikrobiocenozy vody i sudaka (*Sander lucioperca*) v del'te r. Volgi. [Microbiocenosis of water and pike perch (*Sander lucioperca*) in the delta of r. Volga] SPb. - Due to "Prospectus of Science", 2015. - 224 p.(in Russian)
11. Obuhova O.V., Larceva L.V., Volodina V.V. Dinamika uslovno-patogennoj mikroflory vody i sudaka v del'te reki Volgi. [Dynamics of conditionally pathogenic microflora of water and pike perch in the Volga River delta] // Siberian Ecological. Zhurn., - N5. - 2017. - pp. 655-668.(inRussian)
12. Pivovarov YU. P., Korolik V.V. Sanitarно-znachimye mikroorganizmy [Ecology of microorganisms] Sanitary-significant microorganisms. Moscow: IKAR. 2000. - 267 p. (inRussian)
13. Somov G.P., Buzoleva L.S. Adaptaciya patogennyh bakterij k abioticheskim faktoram okruzhayushchej sredy. [Adaptation of pathogenic bacteria to abiotic environmental factors] Vladivostok: Primpoligraphkombinat, 2004. - 168 p.(in Russian)
14. Hoult Dzh., Krig N. Opredelitel' bakterij Berdzhii. [The determinant of bacteria Bergey] M.: From the World, 1997. - 799 p.(in Russian)
15. Shul'gin YU. P., Lazhenceva L. YU., SHul'gina L.V. Gigienicheskaya ocenka potrebleniya i kachestva rybnyh produktov. [Hygienic assessment of consumption and quality of fish products] // Hygiene and sanitation. - N 2. - 2007. - pp. 39-42. (in Russian)

16. Levantesi C., Bonadonan L., Briancesco R., Grohmann E. et al. Salmonella in surface and drinking water: Occurrence and water-mediated transmission // Food Res. Int., 2012. - Vol. 45, no. 2. - pp. 587–602.
17. Simon M., Wunsch C/ Temperature control of bacterioplankton growth in a termperate large lake // Aquat. Microb. Ecol. - V. 16. – 1998. - P.119-130.