Бактериология, 2026, том 11, №2, с. 84–93
Bacteriology, 2026, volume 11, No 2, p. 84–93

DOI: 10.20953/2500-1027-2026-2-84-93

Устойчивость к антимикробным препаратам изолятов *Salmonella* spp., *Listeria* spp. и *Staphylococcus aureus*, выделенных из продуктов питания в Санкт-Петербурге и Ленинградской области

И.А.Деревянченко[1,2], Л.А.Краева[2,3], Л.А.Кафтырева[2], Л.С.Ветрова[1,2]

[1]Восточный филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области», Санкт-Петербург, Российская Федерация;
[2]ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера», Санкт-Петербург, Российская Федерация;
[3]ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Представлены результаты трехлетнего мониторинга (2022–2024 гг.) чувствительности к антимикробным препаратам (АМП) изолятов *Salmonella* spp., *Listeria* spp. и *Staphylococcus aureus*, выделенных из продуктов питания в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Установлено, что наиболее часто выделялись изоляты *Salmonella* spp., и почти половина их (49,7%) приходилась на *S. enterica* ser. Infantis, второе место по частоте встречаемости занимала *S. enterica* ser. Enteritidis (25,5%). Частота выделения *S. aureus* и *Listeria* spp. была примерно в 2 раза ниже таковой для *Salmonella* spp. Среди изолятов листерий по частоте встречаемости доминировали изоляты *L. monocytogenes* (50%) и несколько реже выявлялись *L. innocua* (38,2%). Чуть менее половины (41,2%) изолятов *Salmonella* spp. характеризовались одновременной резистентностью к трем группам антибиотиков: пенициллинам, цефалоспоринам и фторхинолонам. Полирезистентность к АМП у *S. aureus* встречалась чуть более чем у половины выделенных изолятов (51,9%), тогда как у *Listeria* spp. – у 23,5% изолятов и была в большей степени характерна для *L. innocua* в сравнении с *L. monocytogenes*. Резистентность *Salmonella* spp. к цефалоспоринам зависела от их типа: наибольшей она была к цефтазидиму (98%), наименьшей – к цефепиму (23%). Выделенные изоляты *Salmonella* spp. характеризовались высокой частотой резистентности к фторхинолону (71,6%). Изоляты *S. aureus* характеризовались наиболее высокой частотой резистентности к бензилпенициллину (81,8%), резистентность к терациклину, цефокситину и амоксиклаву встречалась примерно у половины выделенных изолятов (49,4–53,2%), тогда как к хлорамфениколу и ципрофлоксацину – только у 18,2–20,8% изолятов. Чуть менее половины изолятов *Listeria* spp. (38,2–44,1%) проявляли резистентность к меропенему, эритромицину и триметоприму, тогда как к антибиотикам пенициллинового ряда все они были чувствительны. Наиболее высокая частота резистентности к карбопенемам, макролидам и триметоприму была характерна для *L. innocua* в сравнении с *L. monocytogenes*.

Ключевые слова: бактерии, сальмонеллы, листерии, стафилококки, антибиотикорезистентность

Для цитирования: Деревянченко И.А., Краева Л.А., Кафтырева Л.А., Ветрова Л.С. Устойчивость к антимикробным препаратам изолятов *Salmonella* spp., *Listeria* spp. и *Staphylococcus aureus*, выделенных из продуктов питания в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Бактериология. 2026; 11(2): 84–93. DOI: 10.20953/2500-1027-2026-2-84-93

Antibacterial resistance of *Salmonella* spp., *Listeria* spp., and *Staphylococcus aureus* isolates from food products in St. Petersburg and the Leningrad Region

I.A.Derevyanchenko[1,2], L.A.Kraeva[2,3], L.A.Kaftyreva[2], L.S.Vetrova[1,2]

[1]Eastern Branch of the Center for Hygiene and Epidemiology in St. Petersburg and the Leningrad Region, St. Petersburg, Russian Federation;
[2]Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology, St. Petersburg, Russian Federation;
[3]S.M.Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, St. Petersburg, Russian Federation

Для корреспонденции:

Краева Людмила Александровна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией медицинской бактериологии ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера»; профессор кафедры микробиологии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

Адрес: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, 14
ORCID: 0000-0002-9115-3250

Статья поступила 31.01.2026, принята к печати 30.06.2026

For correspondence:

Lydmila A. Kraeva, MD, PhD, DSc, Professor, Head of the laboratory of medical bacteriology, Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology; Professor, Department of Microbiology, S.M.Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation

Address: 14 Mira str., St. Petersburg, 197101, Russian Federation
ORCID: 0000-0002-9115-3250

The article was received 31.01.2026, accepted for publication 30.06.2026

The article details the outcomes of a three-year surveillance program (2022–2024) assessing the antimicrobial susceptibility of isolates belonging to *Salmonella* spp., *Listeria* spp., and *Staphylococcus aureus* recovered from food products in St. Petersburg and the Leningrad Region. *Salmonella* spp. were the most frequently identified pathogen, with *S. enterica* ser. *Infantis* representing the highest proportion (49.7%), followed by *S. enterica* ser. Enteritidis (25.5%). The incidence of *S. aureus* and *Listeria* spp. was observed to be roughly half that of *Salmonella* spp. Within the *Listeria* group, *L. monocytogenes* was the predominant species (50%), while *L. innocua* was detected with a lower prevalence (38.2%). Regarding resistance, nearly half (41.2%) of *Salmonella* spp. exhibited simultaneous resistance to three distinct antimicrobials: penicillins, cephalosporins, and fluoroquinolones. In *S. aureus*, polyresistance was present in slightly over half of the isolates (51.9%), while resistance was noted in 23.5% of *Listeria* spp. and was more characteristic of *L. innocua* than *L. monocytogenes*. Specific resistance patterns for *Salmonella* included high susceptibility to fluoroquinolones (71.6% resistance) and variable cephalosporin resistance, peaking with ceftazidime (98%) and reaching a low of 23% for cefepime. For *S. aureus*, resistance to benzylpenicillin was the most common (81.8%); resistance to tetracycline, cefoxitin, and amoxiclav occurred in approximately 49.4–53.2% of isolates, whereas resistance to chloramphenicol and ciprofloxacin was less prevalent (18.2–20.8%). Concerning *Listeria* spp., a resistance rate of 38.2–44.1% was observed for meropenem, erythromycin, and trimethoprim, yet all tested strains remained susceptible to penicillin antibiotics. Furthermore, *L. innocua* demonstrated a higher propensity for carbapenem, macrolide, and trimethoprim resistance when compared to *L. monocytogenes*.
Key words: bacteria, salmonella, listeria, staphylococci, antibiotic resistance

For citation: Derevyanchenko I.A., Kraeva L.A., Kaftyreva L.A., Vetrova L.S. Antibacterial resistance of *Salmonella* spp., *Listeria* spp., and *Staphylococcus aureus* isolates from food products in St. Petersburg and the Leningrad Region. Bacteriology. 2026; 11(2): 84–93. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2026-2-84-93

Инфекционные заболевания, несмотря на достижения современной фармакотерапии и совершенствование мер гигиены и профилактики, по-прежнему широко распространены и служат частой причиной летальности людей и животных. Так, *Staphylococcus aureus*, условно-патогенный микроорганизм, является причиной бактериальных инфекций, занимающих 1-е место по абсолютной смертности в 135 странах мира [1]. При этом до 40% взрослого населения планеты выступают в роли условно здоровых носителей этого микроорганизма. Устойчивость стафилококков к высоким концентрациям поваренной соли позволяет им долго сохраняться в различных пищевых продуктах, что увеличивает риск их поступления в организм людей с пищей.

Широко распространенными в окружающей среде патогенными микроорганизмами, способными вызывать пищевые токсикоинфекции с тяжелым течением, являются *Salmonella* spp. Сальмонеллез занимает 3-е место (после рота- и норовирусной инфекций) в структуре очагов групповой заболеваемости с фекально-оральным механизмом передачи инфекции [2] и 2-е место после *Campylobacter* в «рейтинге» бактериальных возбудителей инфекций, общих для человека и животных [3].

Немалую опасность для людей представляют и широко распространенные в окружающей среде бактерии рода *Listeria*, которые могут служить причиной листериоза. Несмотря на относительно редкую встречаемость этого заболевания среди населения, оно зачастую характеризуется тяжелым течением, осложняющимся возникновением менингоэнцефалита [4] и высокой летальностью (до 20–40% среди взрослого населения и >50% у новорожденных) [5]. Кроме того, широкое распространение листерий в окружающей среде, их уникальная пластичность и способность не только сохраняться, но и размножаться в инфицированных продуктах питания даже при низких температурах (+4…+7°С, типичных для холодильника) [6], в кислой среде [7], при высокой концентрации соли [8] и в условиях дефицита кислорода (в готовых продуктах в вакуумной упаковке) [9] обусловливают высокую вероятность их поступления в организм человека. При этом если ранее патогенным для человека считался только вид *L. monocytogenes*, то в последнее время в литературе стали описываться случаи листериозной инфекции, вызванные другими видами листерий, в т.ч. *L. ivanovii* [10], *L. seeligeri* [11], *L. innocua* [12], *L. welshimeri* [13], *L. grayi* [14].

Наряду с широким распространением патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в окружающей среде, возможной контаминацией ими продуктов питания большую опасность для людей и животных представляет повышение резистентности микроорганизмов к антибиотикам, которое отмечается среди возбудителей не только нозокомиальных, но и внебольничных инфекций и представляет социально-экономическую проблему. Вызывает обеспокоенность и тот факт, что у многих изолятов патогенных и условно-патогенных микроорганизмов часто обнаруживается множественная антибиотикорезистентность, и большинство антибиотиков последнего поколения оказываются неэффективными. При этом полирезистентные штаммы вытесняют чувствительные и те, которые проявляют резистентность только к одному или нескольким антимикробным препаратам (АМП) [15]. В связи с этим мониторинг распространения видов патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и оценка их чувствительности к антибиотикам не теряют своей актуальности.

Сравнительный анализ данных относительно резистентности патогенных и условно-патогенных микроорганизмов к АМП, полученных в разные периоды времени в России, затрудняется тем, что методические подходы к тестированию многих антибиотиков и критерии интерпретации в последние годы неоднократно изменялись не только в России, но и в мире. Документ, определяющий процедуру оценки чувствительности микроорганизмов к АМП (МУК 4.2.1890-04), был принят в России в 2004 г., основан на рекомендациях CLSI и является действующим в настоящее время [16]. Вместе с тем в 2025 г. были введены Клинические рекомендации «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам», основанные на рекомендациях EUCAST [17], которые внесли коррективы в трактовку результатов оценки антибиотикорезистентности микроорганизмов.

Целью настоящей работы явилось определение частоты встречаемости различных сероваров *Salmonella enterica* и

Listeria spp., а также *S. aureus* в пищевых продуктах в рамках трехлетнего мониторинга в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, и оценка их чувствительности к антимикробным препаратам с использованием современных международных подходов.

Материалы и методы

За период трехлетнего мониторинга (с 2022 по 2024 г.) патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах в бактериологической лаборатории Восточного филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области» было выделено 148 изолятов *Salmonella* spp., 77 изолятов *S. aureus* и 68 изолятов *Listeria* spp. Определение рода выделенных изолятов проводили микробиологическим методом, видовую их идентификацию – методом время-пролетной масс-спектрометрии на приборе Microflex LRF (Bruker Daltonics, Германия) и с помощью биохимических тестов.

Чувствительность к АМП исследуемых культур осуществляли диско-диффузионным методом с использованием агара Мюллера–Хинтон II (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия) и дисков фирмы Bio-Rad (Франция). Измерение диаметров зон подавления роста штаммов проводили на приборе-анализаторе ADAGIO (Bio-Rad, США). Список АМП, использованных для тестирования, соответствовал европейским рекомендациям [18] и включал для изолятов *Salmonella* spp. ампициллин, амоксициллин с клавулановой кислотой, меропенем, цефтазидим, цефотаксим, цефокситин, цефепим, ципрофлоксацин, офлоксацин, пефлоксацин и нали-

Таблица 1. **Частота выделения изолятов *Salmonella* spp. из продуктов питания в 2022–2024 гг.**
Table 1. ***Frequency of isolation of Salmonella spp. isolates from food products in 2022–2024***

Группы и виды / *Groups and species*	Частота выделения (*n*/% от общего количества) / *Frequency of isolation (n/% of total)*	Частота обнаружения (*n*/% от общего количества) изолятов в продуктах / *Frequency of detection (n/% of total) of isolates in products*			
		Мясные (сырые) / *Meat (raw)*	Мясо домашней птицы / *Poultry*	Рыбные / *Fish*	Готовые блюда / *Ready meals*
Группа Group B	12/8,1	7/4,7	4/2,7	1/0,7	
S. enterica сер. Derby	5/3,4	4/2,7	1/0,7		
S. enterica сер. Bredeney	2/1,3	1/0,7		1/0,7	
S. enterica сер. Typhimurium	2/1,3	2/1,3			
S. enterica сер. Brandenburg	1/0,7		1/0,7		
S. enterica сер. Heidelberg	1/0,7		1/0,7		
S. enterica сер. Haifa	1/0,7		1/0,7		
Группа Group C1	83/56,4	11/7,4	71/48		1/0,7
S. enterica сер. Infantis	74/49,7	8/5,4	66/44,6		
S. enterica сер. Virchow	3/2,0		3/2,0		
S. enterica сер. Give	2/1,3	1/0,7	1/0,7		
S. enterica сер. Oranienburg	1/0,7	1/0,7			
S. enterica сер. Othmarschen	1/0,7				1/0,7
S. enterica сер. Montevideo	1/0,7	1/0,7			
S. enterica сер. Garoli	1/0,7		1/0,7		
Группа GroupC2	10/6,7	6/4,1	3/2,0		1/0,7
S. enterica сер. Rissen	3/2,0	3/2,0			
S. enterica сер. Goldcoast	2/1,3	1/0,7	1/0,7		
S. enterica сер. Muenchen	2/1,3		2/1,3		
S. enterica сер. Lindenburg	1/0,7	1/0,7			
S. enterica сер. Tshiongwe	1/0,7				1/0,7
S. enterica сер. Bovismorbificans	1/0,7	1/0,7			
Группа Group C4	1/0,7		1/0,7		
S. enterica сер. Ardwick	1/0,7		1/0,7		
Группа GroupD	40/27,5	10/6,8	23/14,2		10/6,8
S. enterica сер. Enteritidis	38/25,5	8/5,4	20/13,5		10/6,8
S. enterica сер. Panama	2,0	2/1,4	1/0,6		
Группа GroupE	1/0,7		1/0,7		
S. enterica сер. Newlands	1/0,7		1/0,7		
Всего изолятов *Salmonella* spp. в продуктах / *Total Salmonella spp. isolates in food products*		34/23,0	92/67,6	1/0,7	12/8,1

диксовую кислоту. Для изолятов *Listeria* spp. использовались пенициллин, ампициллин, меропенем, эритромицин, триметоприм. Для изолятов *S. aureus* применяли бензилпенициллин, амоксиклав, цефокситин, ципрофлоксацин, эритромицин, клиндамицин, тетрациклин, левомицетин. Для интерпретации полученных результатов использовали Клинические рекомендации «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» (версия 2025-01) [17].

Результаты исследования и их обсуждение

Частота встречаемости и чувствительность к АМП сероваров S. enterica. За период мониторинга (с 2022 по 2024 г.) из пищевых продуктов было выделено 148 изолятов *Salmonella* spp., принадлежащих к 6 группам: B, C1, C2, C4, D и E. Более половины выделенных изолятов (56,4%) относилось к группе C1 и ~50% изолятов было представлено *S. enterica* ser. Infantis (табл. 1). 2-е место по частоте выделе-

Таблица 2. **Частота выявления резистентности к антибиотикам у изолятов *Salmonella* spp., выделенных из продуктов питания в 2022–2024 гг.**
Table 2. ***Prevalence of the resistant Salmonella spp. isolates collected from foods in 2022–2024***

Группы и виды / *Groups and species*	Частота выявления резистентности к антибиотикам (*n*/%) / *Frequency of detection of antibiotic resistance (n/%)*										
	β-лактамные / *β-lactam*							хинолоны / *quinolones*			
	пенициллины / *penicillins*		карбапенемы / *carbapenems*	цефалоспорины / *cephalosporins*							
	ампициллин / *ampicillin*	амоксиклав / *amoxiclav*	меропенем / *meropenem*	цефтазидим / *ceftazidime*	цефотаксим / *cefotaxime*	цефокситин / *cefoxitin*	цефепим / *cefepime*	ципрофлоксацин / *ciprofloxacin*	офлоксацин / *ofloxacin*	пефлоксацин / *pefloxacin*	налидиксовая кислота / *nalidixic acid*
Группа / *Group B*											
S. enterica cep. Derby (*n* = 5)	2/40	4/80	0	5/100	3/60	5/100	1/20	4/80	4/80	4/80	5/100
S. enterica cep. Bredeney (*n* = 2)	2/100	2/100	2/100	2/100	2/100	2/100	2/100	2/100	2/100	2/100	2/100
S. enterica cep. Typhimurium (*n* = 2)	1/50	1/50	1/50	2/100	1/50	1/50	1/50	2/100	2/100	2/100	2/100
S. enterica cep. Brandenburg (*n* = 1)	1/100	1/100	0	1/100	0	1/100	0	0	0	0	0
S. enterica cep. Heidelberg (*n* = 1)	0	1/100	0	1/100	0	1/100	0	0	0	0	0
S. enterica cep. Haifa (*n* = 1)	1/100	1/100	1/100	1/100	0	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100
Группа / *Group C1*											
S. enterica cep. Infantis (*n* = 74)	42/56,8	44/59,5	20/27	72/97,3	33/45	55/74,3	15/20,3	53/71,6	54/73	58/78,4	66/89,2
S. enterica cep. Virchow (*n* = 3)	0	1/33,3	0	3/100	2/66,7	3/100	0	3/100	3/100	3/100	3/100
S. enterica cep. Give (*n* = 2)	1/50	1/50	0	2/100	0	2/100	0	0	0	0	0
S. enterica cep. Oranienburg (*n* = 1)	0	0	0	1/100	0	0	0	0	0	0	0
S. enterica cep. Othmarschen (*n* = 1)	1/100	0	0	1/100	0	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100
Salmonella cep. Montevideo (*n* = 1)	1/100	1/100	0	1/100	0	1/100	0	0	0	0	0
S. enterica cep. Garoli (*n* = 1)	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100	1/100
Группа *GroupC2*											
S. enterica Rissen (*n* = 3)	3/100	3/100	1/33,3	3/100	2/66,7	3/100	2/66,7	1/33,3	1/33,3	1/33,3	1/33,3
S. enterica Goldcoast (*n* = 2)	2/100	2/100	1/50	2/100	0	2/100	0	2/100	2/100	2/100	2/100
S. enterica Muenchen (*n* = 2)	1/50	2/100	0	2/100	0	2/100	0	1/50	1/50	1/50	1/50
S. enterica Lindenburg (*n* = 1)	0	0	0	1/100	0	1/100	0	0	0	0	0
S. enterica Tshiongwe (*n* = 1)	0	1/100	0	1/100	0	1/100	0	1/100	1/100	1/100	1/100
S. enterica Bovismorbificans (*n* = 1)	1/100	1/100	0	1/100	0	1/100	0	0	0	1/100	1/100
Группа *Group C4*											
S. enterica Ardwick (*n* = 1)	0	1/100	0	1/100	0	1/100	0	1/100	1/100	1/100	0
Группа *Group D*											
S. enterica Enteritidis (*n* = 38)	23/60,5	27/71,1	8/21,1	37/97,4	10/26,3	23/60,5	10/26,3	17/44,7	17/44,7	24/63,2	16/42,1
S. enterica Panama (*n* = 3)	2/66,7	3/100	0	3/100	0	3/100	0	2/66,7	2/66,7	2/66,7	1/33,3
Группа GroupE											
S. enterica Newlands (*n* = 1)	1/100	0	0	1/100	1/100	1/100	0	1/100	1/100	1/100	1/100
Всего / *Total* (*n* = 148)	85/57,4	97/65,5	34/23	145/98	55/37,2	112/75,7	34/23	93/62,8	91/61,5	106/71,6	104/70,3

ния (25,5%) приходилось на *S. enterica* ser. Enteritidis (группа D). Наиболее часто изоляты *Salmonella* spp. обнаруживались в сыром мясе домашней птицы, на 2-м месте по частоте выделения изолятов сальмонелл были сырые мясные полуфабрикаты (табл. 1). Представляет большую опасность факт выделения сальмонелл из готовых к употреблению пищевых продуктов: кулинарных и кондитерских изделий. Частота обнаружения изолятов *Salmonella* spp. в готовых блюдах составила 8,1%, при этом большая часть этих изолятов относилась к *S. enterica* ser. Enteritidis.

Анализ устойчивости выделенных изолятов сальмонелл к антибиотикам показал, что чуть менее их половины (41,2%) характеризовались одновременной резистентностью к 3 группам антибактериальных средств: пенициллинам, цефалоспоринам и фторхинолонам. Менее трети изолятов (23%) проявляли устойчивость к антибиотику резервной группы – меропенему (см. табл. 2), что согласуется с результатами других авторов [19], указывающих на невысокую частотурезистентности сальмонелл к карбапенемам.

Чуть более половины выделенных изолятов (57,4%) характеризовались устойчивостью к ампициллину, при этом 28,2% этих штаммов были чувствительны к амоксиклаву, что говорит в пользу продукции ими β-лактамаз класса А. Примерно 1/3 изолятов (30,9%), проявляющих устойчивость к амоксициллину-клавуланату, были чувствительны к ампициллину, но при этом характеризовались устойчивостью к цефокситину и чувствительностью к цефепиму. Данный факт косвенно свидетельствует о продукции этими штаммами β-лактамаз AmpC-типа, экспрессию которых может стимулировать клавулановая кислота.

Чувствительность выделенных изолятов сальмонелл к цефалоспоринам зависела от типа антибиотика. Наиболее низкой она была для цефтазидима (98% изолятов проявляли к нему устойчивость), что согласуется с литературными данными относительно низкой эффективности цефтазидима в лечении сальмонеллезов. При этом все изоляты сальмонелл, проявляющие устойчивость к ампициллину, были устойчивы и к цефтазидиму. Резистентность выделенных изолятов сальмонелл к цефотаксиму и цефепиму встречалась гораздо реже – в 37,2 и 23% случаев соответственно (табл. 2). При этом штаммы, резистентные к цефокситину, проявляли чувствительность к цефепиму.

Резистентность выделенных изолятов сальмонелл к антибиотикам фторхинолонового ряда оказалась высокой и составила от 61,5% (для офлоксацина) до 71,6% (для пефлоксацина). При этом устойчивость к пефлоксацину у 8,5% изолятов сочеталась с чувствительностью к офлоксацину и ципрофлоксацину. Между тем, согласно рекомендациям EUCAST v.4,0, при нечувствительности штаммов *Salmonella* spp. к пефлоксацину *in vitro* они будут нечувствительны и к другим фторхинолонам *in vivo*. Следовательно, более показательным является анализ чувствительности изолятов сальмонелл к пефлоксацину *in vitro*, который позволил выявить больше нечувствительных штаммов, чем тест с офлоксацином и ципрофлоксацином (см. табл. 2). Изоляты сальмонелл, резистентные к налидиксовой кислоте (13%), проявляли пограничные значения чувствительности к пефлоксацину, что говорит о мутациях в гене *gyrA*. Интересен также тот факт, что у 13 изолятов, чувствительных к налидиксовой кислоте, выявлялась резистентность к пефлоксацину, что косвенно указывает на редкие плазмидные механизмы резистентности, которые налидиксовая кислота не выявляет [20].

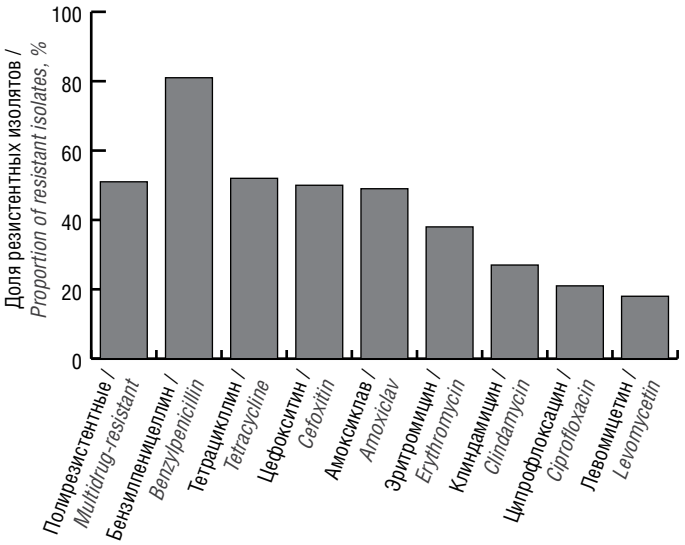


Рис. 1. **Антибиотикорезистентность изолятов *S. aureus*, выделенных из продуктов питания в 2022–2024 гг.**
Fig. 1. ***Antibiotic resistance of S. aureus isolates from food products in 2022–2024.***

Весьма настораживающим фактом является то, что примерно у трети изолятов сальмонелл (31,8%) выявлялась сочетанная резистентность к фторхинолонам и цефалоспоринам, которые рекомендованы для лечения сальмонеллезов [21].

Частота встречаемости и чувствительность к АМП изолятов S. aureus. За период мониторинга (с 2022 по 2024 г.) из готовых пищевых продуктов было выделено 77 изолятов *S. aureus*, подавляющая часть которых (91%) была изолирована из кулинарных изделий, 9% – из кондитерских изделий. Большая часть этих изолятов (81,8%) проявляла резистентность к бензилпенициллину, но при этом 39,7% этих изолятов оказались чувствительными к цефокситину и амоксиклаву, что косвенно указывает на продукцию ими пенициллиназы. В целом резистентность к амоксиклаву встречалась у 49,4% выделенных изолятов (рис. 1).

Устойчивыми к цефокситину оказались 50,6% изолятов *S. aureus*, что говорит в пользу их метицилин-резистентности. Все устойчивые к цефокситину изоляты проявляли устойчивость и к бензилпенициллину. Большинство устойчивых к цефокситину изолятов (76,9%) проявляли антибиотикорезистентность к ≥3 АМП. В целом полирезистентность к АМП отмечалась примерно у половины изолятов *S. aureus* (51,9%).

Чуть более половины выделенных изолятов *S. aureus* (53,2%) оказались резистентными к тетрациклину. Резистентность к макролидам (эритромицину) встречалась реже – менее чем у половины выделенных изолятов (37,7%). У части изолятов *S. aureus*, устойчивых к эритромицину, но при этом чувствительных к клиндамицину (11,7% от всех изолятов и 31% от изолятов, устойчивых к эритромицину), в тесте определения перекрестной резистентности к этим антибиотикам (при расположении дисков на расстоянии 15 мм) обнаруживался D-антагонизм между эритромицином

Таблица 3. **Частота выделения изолятов *Listeria* spp. из продуктов питания в 2020–2024 гг.**
Table 3. ***Frequency of isolation of Listeria spp. isolates from food products in 2020–2024***

Виды / *Species*	Частота выделения (*n*/% от общего количества) / *Frequency of isolation (n/% of total)*	Частота обнаружения (*n*/% от общего количества) изолятов в продуктах / *Frequency of detection (n/% of total) of isolates in products*				
		Мясные (сырые) / *Meat (raw)*	Мясо домашней птицы / *Poultry*	Рыбные / *Fish*	Сырое молоко / *Raw milk*	Готовые блюда / *Ready meals*
L. monocytogenes	34/50	13/19,1	6/8,8	9/13,2	5/7,4	2/2,9
L. innocua	26/38,2	6/8,8	2/2,9	1/1,5	16/23,5	1/1,5
L. welshimeri	8/11,8	4/5,9	0	0	0	4/5,9
Всего изолятов *Listeria* spp. в продуктах (*n*/%) / *Total Listeria spp. isolates in food products*		23/33,8	8/11,8	10/14,7	21/30,9	7/10,3

и клиндамицином, указывающий в пользу индуцибельной резистентности к клиндамицину.

Устойчивость изолятов *S. aureus* к фторхинолонам II поколения (ципрофлоксацину) и фениколам (левомицетину) встречалась реже, чем к макролидам – у 20,8 и 18,2% изолятов соответственно (рис. 1).

Таким образом, примерно у половины выделенных из пищевых продуктов изолятов *S. aureus* выявлена полирезистентность к антибиотикам, наиболее низкая частота устойчивости отмечена к фениколам и фторхинолонам.

Частота встречаемости и чувствительность к АМП изолятов *Listeria* spp. За трехлетний период мониторинга из пищевых продуктов было выделено 68 изолятов *Listeria* spp., из которых половина (50%) приходилась на *L. monocytogenes* и чуть меньше половины (38,2%) – на *L. innocua*, остальные 11,8% составляла *L. welshimeri* (табл. 3). Наиболее часто изоляты листерий выделяли из мясных продуктов и сырого молока (30,9–33,8%), гораздо реже – из мяса домашней птицы, замороженной рыбы и готовых блюд (10,3–14,7%). Наиболее часто *L. monocytogenes* обнаружи-

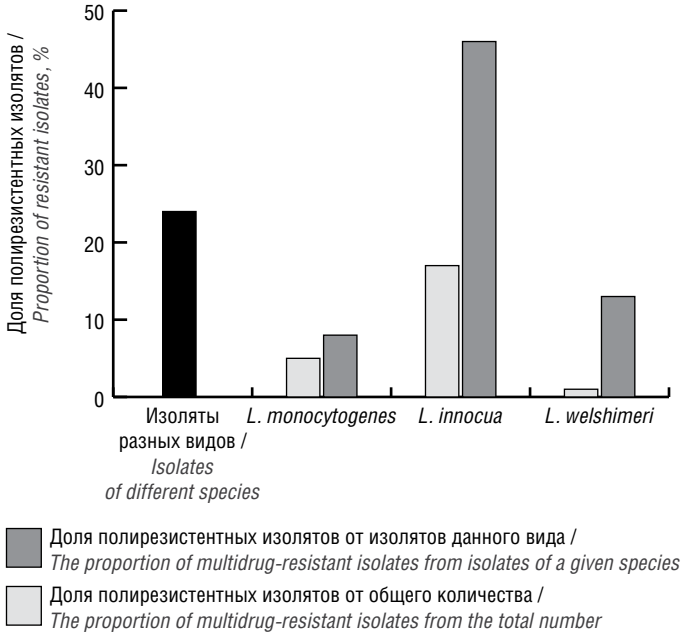


Рис. 2. **Частота выделения изолятов *Listeria* spp. с множественной антибиотикорезистентностью из продуктов питания в 2022–2024 гг.**
Fig. 2. ***Frequency of isolation of Listeria spp. isolates with multiple antibiotic resistance from food products in 2022–2024.***

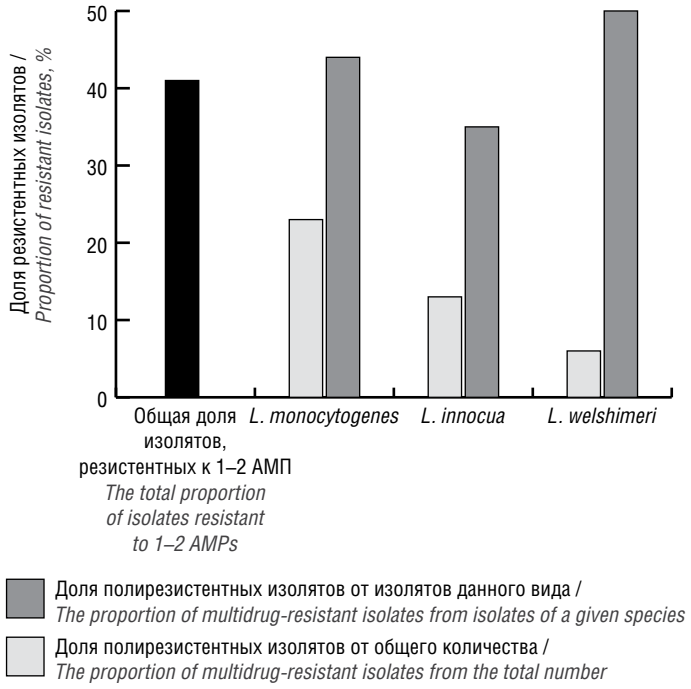


Рис. 3. **Частота выявления резистентности к 1–2 АМП у изолятов *Listeria* spp., выделенных из продуктов питания в 2022–2024 гг.**
АМП – антимикробный препарат.
Fig. 3. ***Frequency of detection of resistance to 1–2 antimicrobial medicine in Listeria spp. isolates isolated from food products in 2022–2024.***
AMP – antimicrobial medicine.

валась в сырых мясных продуктах, *L. innocua* – в сыром молоке (табл. 3).

Резистентность к ≥3 АМП проявляли 23,5% листерий, при этом большая часть полирезистентных изолятов приходилась на *L. innocua* (17,6% от общего количества изолятов *Listeria* spp. и 46,2% от количества изолятов *L. innocua*), тогда как у *L. monocytogenes* она встречалась гораздо реже – всего у 3 изолятов, что составляет 3,3% от общего количества выделенных изолятов листерий и 8,8% от изолятов *L. monocytogenes* (рис. 2). У *L. welshimeri* множественная антибиотикорезистентность встречалась только у 1 выделенного изолята, что составляет 1,5% от общего количества выделенных изолятов листерий и 12,5% от количества изолятов *L. welshimeri*.

Резистентность к 1–2 АМП обнаруживалась гораздо чаще, чем полирезистентность, – у 41,2% изолятов листерий

Таблица 4. **Частота выявления резистентности к антибиотикам у изолятов *Listeria* spp., выделенных из продуктов питания в 2022–2024 гг.**
Table 4. ***Frequency of detection of antibiotic resistance in Listeria spp. isolates recovered from food products in 2022–2024***

Виды / *Species*	Частота выявления резистентности к антибиотикам (*n*/%) / *Frequency of detection of antibiotic resistance (n/%)*				
	β-лактамные / *β-lactam*			Макролиды / *Macrolides*	Ингибитор дигидрофолатредуктазы / *Dihydrofolate reductase inhibitor*
	пенициллиновые / *penicillin*		карбопенемы / *carbapenems*		
	пенициллин / *penicillin*	ампициллин / *ampicillin*	меропенем / *meropenem*	эритромицин / *erythromycin*	триметоприм / *trimethoprim*
L. monocytogenes (*n* = 34)	0	0	13/38,2	5/14,7	10/29,4
L. innocua (*n* = 26)	0	0	15/57,7	18/69,2	15/57,7
L. welshimeri (*n* = 8)	0	0	2/25	3/37,5	3/37,5
Общая частота резистентности различных изолятов *Listeria* spp. к антибиотикам / *Overall frequency of antibiotic resistance of different Listeria spp. isolates (n = 68)*	0	0	30/44,1	26/38,2	28/41,2

(рис. 3). При этом наиболее часто устойчивость к 1–2 антибиотикам встречалась у *L. monocytogenes* (22,1% от общего количества изолятов и 44,1% от количества изолятов данного вида). Резистентность к 1–2 антибиотикам у *L. welshimeri* встречалась всего у 4 изолятов (5,9% от общего количества изолятов *Listeria* spp.), но в связи с малочисленностью изолятов *L. welshimeri* частота встречаемости такой антибиотикорезистентности составила 50% от количества изолятов данного вида.

Анализ чувствительности выделенных изолятов *Listeria* spp. к различным АМП показал абсолютную чувствительность всех выделенных изолятов к антибиотикам пенициллиновой группы (табл. 4). Вместе с тем к β-лактаму меропенему, выступающему в роли антибиотика резервной группы, у части изолятов наблюдалась резистентность, особенно часто встречающаяся у *L. innocua* (57,7% изолятов от общего количества изолятов данного вида, табл. 4). В целом устойчивость к меропенему была характерна для почти половины изолятов *Listeria* spp. (44,1%, см. табл. 4).

Резистентность листерий к макролидам и триметоприму была сопоставима с таковой к меропинему (табл. 4). При этом, как и в случае с меропенемом, наиболее часто эта резистентность встречалась у *L. innocua* (у 69,2% изолятов – к эритромицину, у 57,7% – к триметоприму).

Данные об относительно высокой частоте антибиотикорезистентности у изолятов *L. innocua* согласуются с результатами других авторов [22], но вызывают настороженность, поскольку *L. monocytogenes* и *L. innocua* являются наиболее распространенными видами рода *Listeria*, связанными в строгом эколого-физиологическом и генетическом смысле [23], и сравнительно высокое геномное сходство между *L. innocua* и *L. monocytogenes*, а иногда и их сосуществование в сходных экологических нишах, может предоставить возможность для переноса генов устойчивости или вирулентности [24]. Несмотря на то, что устойчивость к АМП у *L. monocytogenes* встречается реже, чем у *L. innocua*, последняя может образовывать резервуар генов устойчивости, которые могут передаваться между видами бактерий, включая передачу патогенной *L. monocytogenes* [22].

Обсуждение результатов. Подводя итог результатам трехлетнего мониторинга патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в продуктах питания, необходимо отметить следующие факты. Наиболее часто из продуктов питания изолировали представителей *Salmonella* spp., и почти половина этих изолятов (49,7%) приходилась на *S. enteris* Infantis, 2-е место по частоте встречаемости занимала *S. enteris* Enteritidis (25,5%), тогда как изоляты других видов встречались редко – в 0,7–3,4% случаев. Для изолятов *Salmonella* spp. была характерна высокая частота резистентности к АМП: чуть менее половины изолятов (41,2%) характеризовались одновременной резистентностью к 3 группам антибактериальных средств: пенициллинам, цефалоспоринам и фторхинолонам, которые являются препаратами выбора для лечения сальмонеллеза. Резистентность *Salmonella* spp. к цефалоспориновым антибиотикам зависела от типа цефалоспорина: наибольшей она была для цефтазидима (98%), наименьшей – для цефепима (23%). Выделенные изоляты характеризовались высокой частотой резистентности к антибиотикам фторхинолонового ряда (резистентность к пефлоксацину наблюдалась у 71,6% изолятов).

Частота выделения *S. aureus* и *Listeria* spp. была примерно в 2 раза ниже таковой для *Salmonella* spp. Среди изолятов листерий по частоте встречаемости доминировали изоляты *L. monocytogenes* (50%), несколько реже выявлялись *L. innocua* (38,2%). Полирезистентность к АМП у *S. aureus* встречалась чуть более чем у половины выделенных изолятов (51,9%), что было сопоставимо с частотой полирезистентности у *Salmonella* spp. (41,2% изолятов), тогда как полирезистентность у *Listeria* spp. встречалась гораздо реже (23,5% изолятов) и была в большей степени характерна для *L. innocua* в сравнении с *L. monocytogenes*.

Изоляты *S. aureus* характеризовались наиболее высокой частотой резистентности к бензилпенициллину (81,8%), резистентность к тетрациклину, цефокситину и амоксиклаву встречалась примерно у половины выделенных изолятов (49,4–53,2%), тогда как к хлорамфениколу и ципрофлоксацину большая часть изолятов была чувствительной и резистентность отмечалась только в 18,2–20,8% случаев.

Чуть менее половины изолятов *Listeria* spp. проявляли резистентность к меропенему, эритромицину и триметоприму (38,2–44,1%), тогда как к антибиотикам пенициллинового

ряда все они были чувствительны. Наиболее высокая частота резистентности к карбопенемам, макролидам и триметоприму была характерна для *L. innocua* в сравнении с *L. monocytogenes*.

С учетом высокой смертности людей от антибиотикорезистентных штаммов патогенных бактерий мониторинг антибиотикорезистентности изолятов патогенных и условно-патогенных бактерий, выделенных от человека, сельскохозяйственных животных, пищевых продуктов и внешней среды, должен быть неотъемлемой частью эпидемиологического надзора в Российской Федерации.

Заключение

1. Наиболее часто из продуктов питания выделялись изоляты *Salmonella* spp., и почти половина этих изолятов (49,7%) приходилась на *S. enteris Infantis*, 2-е место по частоте встречаемости занимала *S. enteris* Enteritidis (25,5%), тогда как изоляты других видов встречались редко – в 0,7–3,4% случаев. Частота выделения *S. aureus* и *Listeria* spp. была примерно в 2 раза ниже таковой для *Salmonella* spp. Среди изолятов листерий по частоте встречаемости доминировали изоляты *L. monocytogenes* (50%), несколько реже выявлялись *L. innocua* (38,2%).

2. Чуть менее половины (41,2%) изолятов *Salmonella* spp. характеризовались одновременной резистентностью к 3 группам антибактериальных средств: пенициллинам, цефалоспоринам и фторхинолонам, которые являются препаратами выбора для лечения сальмонеллеза. Полирезистентность к антимикробным препаратам у *S. aureus* встречалась чуть более чем у половины выделенных изолятов (51,9%), тогда как у *Listeria* spp. она встречалась гораздо реже (23,5% изолятов) и была в большей степени характерна для *L. innocua* в сравнении с *L. monocytogenes*.

3. Резистентность *Salmonella* spp. к цефалоспориновым антибиотикам зависела от типа цефалоспорина: наибольшей она была для цефтазидима (98%), наименьшей – для цефепима (23%). Выделенные изоляты характеризовались высокой частотой резистентности для антибиотиков фторхинолонового ряда (резистентность к пефлоксацину наблюдалась у 71,6% изолятов).

4. Изоляты *S. aureus* характеризовались наиболее высокой частотой резистентности к бензилпенициллину (81,8%), резистентность к тетрациклину, цефокситину и амоксиклаву встречалась примерно у половины выделенных изолятов (49,4–53,2%), тогда как к хлорамфениколу и ципрофлоксацину большая часть изолятов была чувствительной и резистентность отмечалась только у 18,2–20,8% изолятов.

5. Чуть менее половины изолятов *Listeria* spp. (38,2–44,1%) проявляли резистентность к меропенему, эритромицину и триметоприму, тогда как к антибиотикам пенициллинового ряда все они были чувствительны. Наиболее высокая частота резистентности к карбопенемам, макролидам и триметоприму была характерна для *L. innocua* в сравнении с *L. monocytogenes*.

Источники финансирования

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Funding

No funding was received for conducting this study and preparing the manuscript for publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими организациями), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Conflict of interest

The authors have no relationships, activities, or interests with third parties (commercial or non-commercial organizations) to declare that could have influenced the work reported in this paper in the last three years.

Вклад авторов

Все авторы подтверждают равное участие на всех этапах подготовки рукописи: разработка концепции, получение и анализ данных, написание и редактирование текста.

Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты настоящей работы, гарантируют надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Author contributions

All authors contributed equally to this work, including conceptualization and design, data acquisition and analysis, manuscript writing and editing.

All authors have read and approved the final manuscript and agree to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Генеративный искусственный интеллект

При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Generative artificial intelligence

No generative artificial intelligence technologies were used in the preparation of this article.

Литература

1. GBDAR Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 – G. B. D. A. R. Lancet. 2022;400(10369):2221-2248. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)02185-7
2. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 г.: государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/798/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-sanitarno_epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-rossiyskoy-federatsii-v-2018-godu.pdf
3. European Centre for Disease Prevention and Control. Salmonellosis. In: ECDC. Annual epidemiological report for 2016. Stockholm: ECDC; 2019. Available at: https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/ documents/AER_for_2016-salmonellosis.pdf
4. Koopmans MM, Bijlsma MW, Brouwer M.C., van de Beek D., van der Ende A. *Listeria monocytogenes* meningitis in the Netherlands, 1985–2014: A nationwide surveillance study. The Journal of infection. 2017;75(1):12-19. DOI: 10.1016/j.jinf.2017.04.004

5. Олещенко ЕП, Алферова ЕВ. Листерии как возбудители пищевых инфекций. Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2012;3-4:211-212.
6. NicAogain K, O'Byrne CP. The role of stress and stress adaptations in determining the fate of the bacterial pathogen *Listeria monocytogenes* in the food Chain. Frontiers Microbiology. 2016;7(1865):1-16. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01865
7. O'Driscoll B, Gahan CGM, Hill C. Adaptive acid tolerance response in *Listeria monocytogenes*: isolation of an acid-tolerant mutant which demonstrates increased virulence. Appl Environ Microbiol. 1996;62(5):1693-1698. DOI: 10.1128/aem.62.5.1693-1698.1996
8. Hwang C-A, Sheen S, Juneja VK. Effect of salt, smoke compound, and temperature on the survival of *Listeria monocytogenes* in salmon during simulated smoking processes. J Food Sci. 2009;74(9):522-529. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009. 01377.x
9. Becker B, Schuler S. Schnellnachweis von *Listeria monocytogenes* in Fleischerzeugnissen. Vergleichende Untersuchungen mittels automatischer PCR und Real-Time-PCR. Fleischwirtschaft. 2007;87(7):103-106.
10. den Bakker HC, Cummings CA, Ferreira V, Vatta P, Orsi RH, Degoricija L, et al. Comparative genomics of the bacterial genus *Listeria*: Genome evolution is characterized by limited gene acquisition and limited gene loss. BMC Genomics. 2010;11(1):688-708. DOI: 10.1186/1471-2164-11-688
11. Rocourt J, Hof H, Schrettenbrunner A, Malinverni R, Bille J. Acute purulent *Listeria seelingeri* meningitis in an immunocompetent adult. Schweiz Med Wochenschr. 1986 Feb 22;116(8):248-51. (In French).
12. Liao Y, Liu L, Zhou H, Fang F, Liu X. Case Report: Refractory Listeria innocua Meningoencephalitis in a Three-Year-Old Boy. Front Pediatr. 2022;10:857900-857905. DOI: 10.3389/fped.2022.857900
13. Andre P, Genicot A. First isolation of *Listeria welshimeri* in a human. Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg A. 1987 Mar;263(4):605-6. (In French).
14. Salimnia H, Patel D, Lephart PR, Fairfax MR, Chandrasekar PH. *Listeria grayi*: vancomycin-resistant, gram-positive rod causing bacteremia in a stem cell transplant recipient. Transpl. Infect Dis. 2010;12(6):526-528. DOI: 10.1111/j.1399-3062.2010.00539.x
15. Козлов РС. Селекция резистентных микроорганизмов: концепция «параллельного ущерба». Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2010;12(4):284-294.
16. Методические указания «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам». МУК 4.2.1890-04. Утверждено Главным государственным санитарным врачом РФ 04.03.2004. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200038583
17. Методические указания «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам». Версия 2025-01. Год утверждения (частота пересмотра): 2025 (пересмотр ежегодно). МАКМАХ, СГМУ: Смоленск; 2025.
18. European Centre for Disease Prevention and Control. Salmonellosis. In: ECDC. Annual epidemiological report for 2016. Stockholm: ECDC; 2019. Available at: https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/ documents/AER_for_2016-salmonellosis.pdf
19. Егорова СА, Кафтырева ЛА, Помазанов ВВ. Современные тенденции развития устойчивости бактерий рода *Salmonella* к клинически значимым антибиотикам (обзор литературы). Клиническая лабораторная диагностика. 2020;65(5):308-315. DOI: 10.18821/0869-2084-2020-65-5-308-315
20. Егорова СА, Макарова МА, Забровская АВ, Матвеева ЗН, Сужаева ЛВ, Войтенкова ЕВ, и др. Многообразие механизмов антибиотикорезистентности сальмонелл (обзор литературы). Инфекция и иммунитет. 2011;1(4):303-310.
21. Crump JA, Sjölund-Karlsson M, Gordon MA, Parry CM. Epidemiology, clinical presentation, laboratory diagnosis, antimicrobial resistance, and antimicrobial management of invasive *Salmonella* infections. Clinical Microbiology Reviews. 2015;28(4):901-937. DOI: 10.1128/CMR.00002-15
22. Gómez D, Azón E, Marco N, Carramiñana JJ, Rota C, Ariño A, et al. Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and Listeria innocua from meat products and meat-processing environment. Food Microbiol. 2014;42:61-65. DOI: 10.1016/j.fm.2014.02.017
23. Kaszoni-Rückerl I, Mustedanagic A, Muri-Klinger S, Brugger K, Wagner KH, Wagner M, et al. Predominance of Distinct *Listeria innocua* and *Listeria monocytogenes* in Recurrent Contamination Events at Dairy Processing Facilities. Microorganisms. 2020;8(2):234. DOI: 10.3390/microorganisms8020234
24. Li M, Yan S, Fanning S, Li F, Xu J. Whole Genome Analysis of Three Multi-Drug Resistant *Listeria innocua* and Genomic Insights Into Their Relatedness With Resistant *Listeria monocytogenes*. Front. Microbiol. 2021;12:694361-69436. DOI: 10.3389/fmicb.2021.694361

References

1. GBDAR Global mortality associated with 33 bacterial pathogens in 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 – G. B. D. A. R. Lancet. 2022;400(10369):2221-2248. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)02185-7
2. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2018: state report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2019. Available at: https://rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/798/gosudarstvennyy-doklad-o-sostoyanii-sanitarno_epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-rossiyskoy-federatsii-v-2018-godu.pdf (In Russian).
3. European Centre for Disease Prevention and Control. Salmonellosis. In: ECDC. Annual epidemiological report for 2016. Stockholm: ECDC; 2019. Available at: https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/ documents/AER_for_2016-salmonellosis.pdf
4. Koopmans MM, Bijlsma MW, Brouwer M.C., van de Beek D., van der Ende A. *Listeria monocytogenes* meningitis in the Netherlands, 1985–2014: A nationwide surveillance study. The Journal of infection. 2017;75(1):12-19. DOI: 10.1016/j.jinf.2017.04.004
5. Oleshchenko EP, Alferova EV. Listeria as causative agents of food borne infections. Health. Medical Ecology. Science. 2012;3-4:211-212. (In Russian).
6. NicAogain K, O'Byrne CP. The role of stress and stress adaptations in determining the fate of the bacterial pathogen *Listeria monocytogenes* in the food Chain. Frontiers Microbiology. 2016;7(1865):1-16. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01865
7. O'Driscoll B, Gahan CGM, Hill C. Adaptive acid tolerance response in *Listeria monocytogenes*: isolation of an acid-tolerant mutant which demonstrates increased virulence. Appl Environ Microbiol. 1996;62(5):1693-1698. DOI: 10.1128/aem.62.5.1693-1698.1996
8. Hwang C-A, Sheen S, Juneja VK. Effect of salt, smoke compound, and temperature on the survival of *Listeria monocytogenes* in salmon during simulated smoking processes. J Food Sci. 2009;74(9):522-529. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009. 01377.x
9. Becker B, Schuler S. Schnellnachweis von *Listeria monocytogenes* in Fleischerzeugnissen. Vergleichende Untersuchungen mittels automatischer PCR und Real-Time-PCR. Fleischwirtschaft. 2007;87(7):103-106.
10. den Bakker HC, Cummings CA, Ferreira V, Vatta P, Orsi RH, Degoricija L, et al. Comparative genomics of the bacterial genus *Listeria*: Genome evolution is characterized by limited gene acquisition and limited gene loss. BMC Genomics. 2010;11(1):688-708. DOI: 10.1186/1471-2164-11-688
11. Rocourt J, Hof H, Schrettenbrunner A, Malinverni R, Bille J. Acute purulent *Listeria seelingeri* meningitis in an immunocompetent adult. Schweiz Med Wochenschr. 1986 Feb 22;116(8):248-51. (In French).
12. Liao Y, Liu L, Zhou H, Fang F, Liu X. Case Report: Refractory *Listeria innocua* Meningoencephalitis in a Three-Year-Old Boy. Front Pediatr. 2022;10:857900-857905. DOI: 10.3389/fped.2022.857900
13. Andre P, Genicot A. First isolation of *Listeria welshimeri* in a human. Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg A. 1987 Mar;263(4):605-6. (In French).
14. Salimnia H, Patel D, Lephart PR, Fairfax MR, Chandrasekar PH. *Listeria grayi*: vancomycin-resistant, gram-positive rod causing bacteremia in a stem cell

transplant recipient. Transpl Infect Dis. 2010;12(6):526-528. DOI: 10.1111/j.1399-3062.2010.00539.x
15. Kozlov RS. Selection of resistance associated with the use of antimicrobial agents: collateral damage concept. Klin. Mikrobiol. Antimikrob. Khimioter. 2010;12(4):284-294. (In Russian).
16. Guidelines "Antimicrobial susceptibility testing of microorganisms". MUK 4.2.1890-04. Utverzhdeno Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 04.03.2004. Available at: http://docs.cntd.ru/document/1200038583 (In Russian).
17. Guidelines "Antimicrobial susceptibility testing of microorganisms". Version 2025-01. Approval year (revision frequency): 2025 (revision annually). MAKMAH, SSMU: Smolensk; 2025. (In Russian).
18. European Centre for Disease Prevention and Control. Salmonellosis. In: ECDC. Annual epidemiological report for 2016. Stockholm: ECDC; 2019. Available at: https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/ documents/AER_for_2016-salmonellosis.pdf
19. Egorova SA, Kaftyreva LA, Pomazanov VV. Current trends in the development of resistance to clinically significant antibiotics in *Salmonella* (review of literature). Russian Clinical Laboratory Diagnostics. 2020;65(5):308-315. DOI: 10.18821/0869-2084-2020-65-5-308-315 (In Russian).
20. Egorova SA, Makarova MA, Zabrovskaya AV, Matveeva ZN, Suzhaeva LV, Voitenkova EV, et al. Diversity of antimicrobial resistance mechanisms in salmonella. Infekc. immun. 2011;1(4):303-310. (In Russian).
21. Crump JA, Sjölund-Karlsson M, Gordon MA, Parry CM. Epidemiology, clinical presentation, laboratory diagnosis, antimicrobial resistance, and antimicrobial management of invasive *Salmonella* infections. Clinical Microbiology Reviews. 2015;28(4):901-937. DOI: 10.1128/CMR.00002-15
22. Gómez D, Azón E, Marco N, Carramiñana JJ, Rota C, Ariño A, et al. Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* from meat products and meat-processing environment. Food Microbiol. 2014;42:61-65. DOI: 10.1016/j.fm.2014.02.017
23. Kaszoni-Rückerl I, Mustedanagic A, Muri-Klinger S, Brugger K, Wagner KH, Wagner M, et al. Predominance of Distinct *Listeria innocua* and *Listeria monocytogenes* in Recurrent Contamination Events at Dairy Processing Facilities. Microorganisms. 2020;8(2):234. DOI: 10.3390/microorganisms8020234
24. Li M, Yan S, Fanning S, Li F, Xu J. Whole Genome Analysis of Three Multi-Drug Resistant *Listeria innocua* and Genomic Insights Into Their Relatedness With Resistant *Listeria monocytogenes*. Front. Microbiol. 2021;12:694361-69436. DOI: 10.3389/fmicb.2021.694361

Информация о соавторах:

Деревянченко Ирина Анатольевна, биолог бактериологической лаборатории Восточного филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области»; младший научный сотрудник лаборатории медицинской бактериологии ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера»
ORCID: 0009-0001-5575-1296

Кафтырева Лидия Алексеевна, доктор медицинских наук, руководитель микробиологического отдела ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера»
ORCID: 0000-0003-0989-1404

Ветрова Лидия Сергеевна, врач-бактериолог бактериологической лаборатории Восточного филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области»; младший научный сотрудник лаборатории кишечных инфекций ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера»
ORCID: 0009-0002-9039-6733

Information about co-authors:

Irina A. Derevyanchenko, biologist of the bacteriological laboratory of the Eastern branch of the Federal Budgetary Institution of Health "Center for Hygiene and Epidemiology in St. Petersburg and the Leningrad Region"; Junior Researcher of the laboratory of medical bacteriology of the Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology
ORCID: 0009-0001-5575-1296

Lidia A. Kaftyreva, MD, PhD, DSc, Head of the Microbiological Department of Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology
ORCID: 0000-0003-0989-1404

Lidia S. Vetrova, bacteriologist of the bacteriological laboratory of the Eastern branch of the Federal Budgetary Institution of Health "Center for Hygiene and Epidemiology in the City of St. Petersburg and the Leningrad Region"; Junior Researcher of the Laboratory of intestinal infections of the Pasteur Research Institute of Epidemiology and Microbiology
ORCID: 0009-0002-9039-6733

Нарушение общей защиты восстанавливает антибиотики против двух бактерий муковисцидозов в легких



Критические грамотрицательные патогены, такие как Pseudomonas, Stenotrophomonas и Burkholderia, стали устойчивыми к большинству антибиотиков. Сложные профили резистентности в сочетании с синергетическим взаимодействием между этими организмами повышают вероятность неудачи лечения в различных условиях инфекции, например, в легких пациентов с муковисцидозом (МВ). Обнаружено, что пути гомеостаза белков клеточной оболочки лежат в основе как антибиотикорезистентности, так и перекрестной защиты у бактерий, ассоциированных с МВ. Установлено, что ингибирование окислительного фолдинга белков инактивирует множество специфических для видов белков резистентности. Используя эту стратегию, сенсибилизировали мультирезистентную Pseudomonas aeruginosa к бета-лактамным антибиотикам и продемонстрировали перспективность новых путей лечения трудноизлечимого возникающего патогена Stenotrophomonas maltophilia. Тот же подход также подавляет перекрестную защиту между резистентной S. maltophilia и восприимчивой P. aeruginosa, позволяя уничтожать оба этих часто встречающихся вместе организма, ассоциированных с МВ. Эти результаты служат основой для разработки стратегий следующего поколения, которые направлены на борьбу с антибиотикорезистентностью и одновременно нарушают специфические межбактериальные взаимодействия, усиливающие тяжесть полимикробных инфекций.

Zambrano MM, eLife Assessment: Antibiotic potentiation and inhibition of cross-resistance in pathogens associated with cystic fibrosis, eLife (2025). DOI: 10.7554/elife.91082.2.sa4