Научная статья
УДК 579.62
DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-147-156

Анара Муратовна Мендыбаева[1], **Модестас Рузаускас** [2], **Юлия Евгеньевна Алешина**[3]✉, **Гульнур Казыевна Алиева**[4], **Габит Бактиярович Муканов**[5], **Раушан Миранбаевна Рыщанова**[6]
[1,3,4,5,6] Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова, Костанай, Республика Казахстан
[2] Литовский университет наук здоровья, Каунас, Литовская Республика
[1] jks1992@mail.ru
[2] modruzauskas@hotmail.com
[3] juliya.240895@gmail.com
[4] gukan.83@mail.ru
[5] gabit27@mail.ru
[6] raushan5888@mail.ru

ОЦЕНКА РИСКА ПОЯВЛЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К АНТИБИОТИКАМ УСЛОВНО-ПАТОГЕННОЙ И ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ, ВЫДЕЛЯЕМОЙ ИЗ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В статье представлены результаты исследований антибиотикорезистентности условно-патогенной и патогенной микрофлоры Escherichia coli, Salmonellas pp., S.aureus, выделяемой из сырья и продуктов животного происхождения. Дан анализ по содержанию патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в мясных продуктах с целью обеспечения их безопасности для человека. Бактериологические и молекулярно-генетические исследования проводились в Научно-исследовательском институте прикладной биотехнологии Костанайского регионального университета имени А.Байтурсынова в 2020–2021 гг. Материалом для исследований являлись образцы сырых и готовых к употреблению пищевых продуктов, отобранных в фермерских хозяйствах (молоко), в торговой сети и на предприятиях общественного питания Костанайской области. Всего исследованию подвергнуто 409 проб пищевых продуктов, из них выделено и идентифицировано 76 микроорганизмов, среди них 28 штаммов – E.coli, 2 штамма – Salmonellaspp., 46 – S.aureus. Все исследуемые микроорганизмы проявляли резистентность как минимум к одному антибактериальному препарату, большинство исследуемых штаммов обладали полирезистентностью. Результаты исследований показали, что мясное сырье менее всего обсеменено патогенной микрофлорой, нежели полуфабрикаты, приготовленные из него. Есть предположение, что патогенная микрофлора может проникать в готовые продукты и полуфабрикаты экзогенным путем (через объекты внешней среды, биологических агентов), контактным путем заражения по схемам «животное–человек» и «человек–человек», при нарушении санитарно-гигиенического режима при производстве и хранении мясных продуктов. Полученные результаты свидетельствуют, что на территории Костанайской области Республики Казахстан циркулируют возбудители энтеропатогенных заболеваний, обладающие не только фенотипической, но и генотипической резистентностью к антибактериальным препаратам.

***Ключевые слова**: антибиотикочувствительность, Escherichia coli, Salmonella spp., S. aureus, гены резистентности*

***Для цитирования**:* Оценка риска появления резистентности к антибиотикам условно-патогенной и патогенной микрофлоры, выделяемой из продуктов животного происхождения / *А.М. Мендыбаева* [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 2. С. 147–156. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-147-156.

© Мендыбаева А.М., Рузаускас М., Алешина Ю.Е., Алиева Г.К., Муканов Г.Б., Рыщанова Р.М., 2022
Вестник КрасГАУ. 2022. № 2. С. 147–156.
Bulliten KrasSAU. 2022;(2):147–156.

***Благодарности*:** научные исследования выполнены в рамках научно-технической программы BR10764944 «Разработка методов аналитического контроля и проведения мониторинга безопасности пищевой продукции» на 2021–2023 годы, по задаче «Анализ рисков появления резистентности к антибиотикам патогенной микрофлоры, выделяемой от животных и из сырья и продуктов животного происхождения».

Anara Muratovna Mendybaeva[1], Modestas Ruzauskas [2], Yulia Evgenievna Aleshina[3]✉, Gulnur Kazievna Alieva[4], Gabit Baktiyarovich Mukanov[5], Raushan Miranbaevna Ryshchanova[6]
[1,3,4,5,6] Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, Kostanay, Republic of Kazakhstan
[2] Lithuanian University of Health Sciences, Kaunas, Republic of Lithuania
[1] jks1992@mail.ru
[2]modruzauskas@hotmail.com
[3]juliya.240895@gmail.com
[4]gukan.83@mail.ru
[5]gabit27@mail.ru
[6]raushan5888@mail.ru

OPPORTUNISTIC AND PATHOGENIC MICROFLORA ANTIBIOTICS RESISTANCE RISK ASSESSMENT EXTRACTED FROM ANIMAL PRODUCTS

The papre presents the results of studies of antibiotic resistance of opportunistic and pathogenic microflora Escherichia coli, Salmonella spp., S. aureus isolated from raw materials and products of animal origin. An analysis is given of the content of pathogenic and opportunistic microorganisms in meat products in order to ensure their safety for humans. Bacteriological and molecular genetic studies were carried out at the Research Institute of Applied Biotechnology of Kostanay Regional University named after A. Baitursynov in 2020–2021. The material for research was samples of raw and ready-to-eat food products selected in farms (milk), in the trade network and at public catering establishments in the Kostanay Region. A total of 409 food samples were subjected to the study, of which 76 microorganisms were isolated and identified, among them 28 strains – E. coli, 2 strains – Salmonella spp., 46 – S. aureus. All studied microorganisms showed resistance to at least one antibacterial drug, most of the studied strains had polyresistance. The results of research showed that raw meat is less contaminated with pathogenic microflora than semi-finished products prepared from it. There is an assumption that pathogenic microflora can penetrate into finished products and semi-finished products in an exogenous way (through environmental objects, biological agents), by contact infection according to the "animal–human" and "human–human" schemes, in case of violation of the sanitary and hygienic regime when production and storage of meat products. The results obtained indicate that pathogens of enteropathogenic diseases circulating on the territory of the Kostanay Region of the Republic of Kazakhstan, possessing not only phenotypic, but also genotypic resistance to antibacterial drugs.

***Keywords**: antibiotic sensitivity, Escherichia coli, Salmonella spp., S. aureus, resistance genes*
For citation: Opportunistic and pathogenic microflora antibiotics resistance risk assessment extracted from animal products / *A.M. Mendybayeva* [at al.] // Bulliten KrasSAU. 2022;(2):147–156. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-2-147-156.
***Acknowledgments*:** Scientific research has been conducted within the framework of the scientific and technical program BR10764944 "Development of methods for analytical control and monitoring of food safety" for 2021–2023, under the task "Risk analysis of the emergence of resistance to antibiotics in pathogenic microflora isolated from animals and from raw materials and products of animal origin".

Введение. В 1940-х годах революцию в медицине произвело применение антибактериальных препаратов для лечения инфекционных заболеваний. Впоследствии как неправильное, так и правильное применение антибактериальных средств привело к распространению и формированию устойчивости к данным препаратам. С резистентностью связано снижение эффекта от лечения, более тяжелое и длительное течение болезни, увеличение частоты за-

болеваемости, рост количества смертей и увеличение экономического ущерба [1]. В настоящее время международной проблемой, которая требует пристального внимания, для общественного здравоохранения является устойчивость к антибактериальным препаратам. Масштабность этой проблемы демонстрируют ежегодные смерти: в странах Европейского союза 25 тысяч человек умирают от инфекций, вызванных антибиотикорезистентными бактериями [1, 2]. Любое применение антибактериальных средств людям, животным или на растениях может сказаться на формировании и распространении устойчивости к этим препаратам. Помимо этого, резистентность к антибиотикам не признает ни географических, ни биологических границ. Так, если применять антибиотики в одних отраслях, условиях или странах, то это повлияет на распространение устойчивости к ним в других отраслях, условиях или странах [1, 3]. Резистентность к антибиотикам возникает при условии адаптации микроорганизмов к присутствию этих средств и дальнейшему их размножению. Устойчивость к одному определенному антибиотику впоследствии приведет к устойчивости к целому классу. Резистентные к антибактериальным препаратам микроорганизмы сохраняются и передаются через пищу, воду и окружающую среду, при этом на передачу бактерий влияют такие факторы, как торговля, поездки и миграция людей и животных [4].

По данным ВОЗ, ежегодно 600 миллионов человек заболевают из-за последствий употребления пищевых продуктов, которые загрязнены микроорганизмами или химическими веществами, т.е. почти каждый 10-й житель планеты, и умирают 420 000 человек, что приводит к потере 33 миллионов лет здоровой жизни (DALY). Хранение при комнатной или более высокой температуре продуктов питания, таких как ветчина, мясо птицы и картофельно-яичный салат, создает идеальные условия для размножения *S. aureus* и выделения токсинов. Потребление продуктов питания, содержащих токсины *S. aureus*, может привести к пищевому отравлению, вызванному энтеротоксином, уже через несколько часов.

Устойчивость к антибактериальным препаратам является проблемой безопасности пищевых продуктов: применение антибиотиков у сельскохозяйственных животных позволяет устойчивым бактериям и генам резистентности передаваться через пищевую цепь от сельскохозяйственных животных людям [5]. Во многих странах мира отмечен рост количества устойчивых штаммов бактерий, выделенных от животных и из продуктов животного происхождения [5, 6]. Как правило, это возможно при употреблении пищевых продуктов, но также, имеет место и при непосредственном контакте с животными или через объекты окружающей среды [6]. Несмотря на принимаемые рядом государств меры, использование антибиотиков продолжает расти в глобальных масштабах в животноводстве и сельском хозяйстве. Прогнозируемый рост спроса на продукты питания животного происхождения может также способствовать более широкому использованию антибиотиков [7, 8].

Проблема антибиотикорезистентности (АБР) существует более 60 лет, однако системные мероприятия по ее профилактике начаты лишь в 80-х годах XX в. Международный союз за разумное применение антибиотиков (Alliance for the Prudent Use of Antibiotics), целью которого является улучшение здоровья людей с помощью образовательных программ и поддержки научных исследований, имеет представительства более чем в 90 странах мира [9–11]. С 2000 г. борьба с антибиотикорезистентностью вышла на мировой уровень и ознаменовалась принятием на Всемирном Дне Резистентности в городе Торонто (Канада) Декларации по борьбе с антимикробной резистентностью [12]. В документе содержатся предложения, которые были приняты многими государствами как руководство к действиям.

Цель исследования – определить резистентность к антибиотикам условно-патогенной и патогенной микрофлоры *Escherichia coli*, *Salmonella spp*., *S. aureus*, выделяемой из продуктов животного происхождения.

Материал и методы. Материалом для исследований являлись образцы сырых и готовых к употреблению пищевых продуктов, отобранных в фермерских хозяйствах (молоко), в торговой сети и в предприятиях общественного питания Костанайской области. Всего исследовано 409 проб пищевых продуктов, из них: сборное сырое коровье молоко –159 проб; продукты птицеводства: яйца – 50 штук, сырые, свежие, замороженные, охлажденные тушки, полутушки, фарш, субпродукты кур, уток, гусей, индеек – 75

проб; полуфабрикаты (котлеты, пельмени, манты, биточки, шницели, филе, бедро, набор для бульона, суповой набор и т.д.) – 25; блюда общественного питания из мяса или с добавлением мяса птицы (салаты) – 50 проб.

Отбор образцов и подготовку проб к посевам проводили стандартизованными и общепринятыми в пищевой микробиологии методами по ГОСТ 31904-2012 «Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний».

Бактериологические и молекулярно-генетические исследования проводились в Научно-исследовательском институте прикладной биотехнологии Костанайского регионального университета имени А.Байтурсынова в 2020–2021 гг.

Выделение и идентификация микроорганизмов. Микроорганизмы выделяли с использованием классических микробиологических методик. Идентификацию бактерий проводили общепринятыми методами на основании морфологических, тинкториальных и биохимических свойств.

Для выделения бактерий рода *Escherichia coli* использовали жидкие и плотные питательные среды. Для дальнейшего подтверждения принадлежности выросших колоний к *E. coli* определяли отсутствие оксидазы.

У оксидазоотрицательных грамотрицательных культур определяли возможность образования индола, ацетоина, сероводорода, утилизации цитрата, интенсивности ферментации углеводов с образованием кислоты, ферментации сорбита, глюкозы и лактозы. У каждой отобранной колонии бактерий с целью дифференциации *Escherichia* от бактерий *Citrobacter* и *Enterobacter* проводили температурный тест (Эйкмана), который вместе с цитратным тестом позволяет дифференцировать бактерии группы кишечных палочек фекального происхождения от бактерий группы кишечных палочек, обитающих во внешней среде.

Исследование проб на наличие штаммов рода *Salmonella spp*. проводили в соответствии с методическими указаниями МУ 4.2.2723-10. Идентификация изолятов проводилась с использованием классического биохимического тестирования, включающего ферментацию углеводов, производство сероводорода, индола, лизиндекарбоксилазы, уреазы, оксидазы, каталазы, MR-VP, а также других обычных тестов. Серотипирование проводили с использованием теста на агглютинацию слайдов с сыворотками к антигенам О и Н (Petsal, Россия) в соответствии с инструкцией производителя.

Для выделения *S. aureus* исследуемый материал микробиологической петлей засевали на поверхность элективных сред, в качестве которых использовали желточно-солевой агар. Посевы бактерий инкубировали при 37 °С в течение 18–24 часов. При обнаружении в мазках по Граму грамположительных кокков делали высевы в жидкую селективную питательную среду – солевой бульон и по помутнению среды определяли присутствие коагулазо-положительных стафилококков. Для получения изолированных колоний культуры пересевали в одну из плотных селективно-диагностических сред: молочно-солевой агар, яично-желточно-солевой агар или кровяной агар. Для определения патогенности стафилококков ставили реакцию плазмокоагуляции. Наличие дезоксирибонуклеазной активности исследовали посевом на ДНКазную среду с толуидиновым синим.

При наличии патогенного стафилококка в пробе через 18–24 часа наблюдается рост колоний желтого цвета с изменением среды с красного на желтый цвет.

Тестирование изолятов на резистентность к антибиотикам. Профили антибиотикорезистентности культур определяли дискодиффузионным методом в чашках Петри на агаре Мюллера-Хинтона с дефибринированной кровью с использованием дисков с антибиотиками в соответствии с методикой МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам» и Е-теста. Для тестирования использовали следующие диски с антибиотиками: ампициллин, амоксициллин, бензилпенициллин, цефоперазон, цефокситин, стрептомицин, канамицин, неомицин, гентамицин, тетрациклин, доксициклин, сульфаметокзол с триметопримом, эритромицин, тилозин. Чувствительность оценивали по диаметрам зон задержки роста в соответствии с рекомендациями, затем изоляты были классифицированы как устойчивые, среднеустойчивые или чувствительные к определенному антибиотику согласно рекомендациям EUCAST (версия 11.0), CLSI и МУК 4.2.1890-04.

Определение генов резистентности. ДНК-материал для молекулярного исследования получали путем бактериального лизиса по реко-

мендациям Референтной лаборатории по резистентности к антибактериальным препаратам Европейского союза (Community Reference Laboratory for Antimicrobial Resistance) с небольшими изменениями. Выявление генов, кодирующих устойчивость к противомикробным препаратам, проводили методом ПЦР.

Статистическая обработка данных. Статистический анализ данных проводили с помощью программы MS Excel 2010. Расчет среднего квадратичного отклонения (стандартное отклонение) рассчитывали с помощью онлайн-калькулятора allcalc.ru.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований представлены за период с января по июль 2021 г. В таблице 1 отражены результаты выделения из пищевой продукции условно-патогенных и патогенных микроорганизмов.

Морфологические, тинкториальные и культуральные свойства выделенных изолятов бактерий были характерны для своего семейства и рода.

Таблица 1

Результаты микробиологического исследования пищевой продукции животного происхождения

Продукция	Всего проб	*Escherichia coli*	*Salmonella spp.*	*S. aureus*
Сырое коровье молоко	159	–	–	43
Яйца	50	Не выделено	Не выделено	Не выделено
Тушки, полутушки птиц:				
замороженные	25	1	Не выделено	Не выделено
охлажденные	25	2	Не выделено	Не выделено
свежие	25	25	2	3
Фарш мясной	25	Не выделено	Не выделено	Не выделено
Полуфабрикаты	25	Не выделено	Не выделено	Не выделено
Мясные блюда	25	Не выделено	Не выделено	Не выделено
Салаты с добавлением мяса птицы	25	Не выделено	Не выделено	Не выделено
Салаты без мяса	25	Не выделено	Не выделено	Не выделено
Итого	384	28	2	46

Всего исследовано 384 пробы пищевых продуктов животного происхождения на содержание бактерий *Escherichia coli*, *Salmonella spp*. и *S. aureus*, из них 76 проб (19,8 %) не соответствовали требованиям санитарных правил и норм. Так, из 159 исследованных проб сырого коровьего молока всего в 43 пробах (27 %) выявлено содержание микроорганизмов *S. aureus*. В 75 исследованных тушках/полутушках птиц обнаружено: *Escherichia coli* в замороженных полутушках – 1 (4 %), в охлажденных – 2 (8 %), и во всех 25 свежих тушках обнаружены бактерии, что составляет 100 % обсемененности продукции. Бактерии рода *Salmonella spp.* выявлены в 2 свежих тушках (8 %). Оценка видового состава изолятов *Salmonella spp*. показала, что две выделенные культуры принадлежат серотипу *S. enteritidis*.

В соответствии с задачей у всех выявленных бактерий дискодиффузионным методом была определена чувствительность/резистентность к 25 антибактериальным препаратам следующих фармакологических групп: бета-лактамы (пенициллины: ампициллин, амоксициллин, бензилпенициллин; цефалоспорины: цефоперазон, цефокситин, цефподоксим), аминогликозиды (стрептомицин, канамицин, неомицин, гентамицин), амфениколы (левомицетин), тетрациклины (тетрациклин, доксициклин), хинолоны и фторхинолоны (налидиксовая кислота, ципрофлоксацин, энрофлоксацин, норфлоксацин, офлоксацин), сульфаниламиды (сульфаметоксазол с триметопримом), нитрофураны (фурадонин, фуразолидон).

Интерпретацию полученных данных проводили согласно инструкции к «Набору дисков для определения чувствительности к противомикробным препаратам – 1» [13], в соответствии с действующими рекомендациями European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing

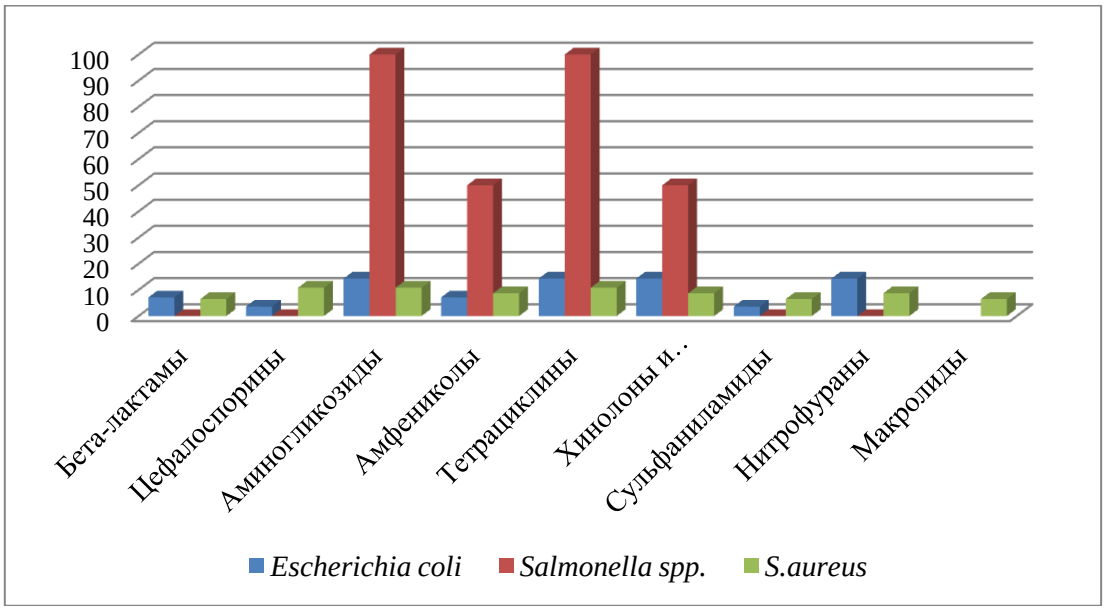
(EUCAST) [14] и стандартом CLSI [15] (в случае отсутствия клинических контрольных точек), а также в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам» [16].

Тестирование бактерий на антибиотикорезистентность показало, что все исследуемые бактерии были резистентными как минимум к одному антибактериальному препарату. Причем большинство исследуемых штаммов бактерий обладали полирезистентностью, то есть были устойчивы к двум и более группам антибактериальных препаратов.

Из 28 штаммов *Escherichia coli* – 4 (14,3 %) проявили резистентность к антибактериальным препаратам группы аминогликозидов (стрептомицин и канамицин), тетрациклинов (тетрациклин), фторхинолонов и нитрофуранов. Наименьшее число изолятов (3,6 %) показали невосприимчивость к цефоспоринам и сульфаниламидам (рис.).

Штаммы *Salmonella spp*. показали 100 % устойчивость к тетрациклину, помимо этого 1 штамм был устойчив сразу к 2 антибиотикам, относящимся к группе аминогликозидов (стрептомицину и канамицину), в целом к данной группе антибиотиков резистентость была также 100 %. К антибактериальным препаратам группы бета-лактамов, цефалоспоринов, сульфаниламидов и нитрофуранов у выделенных изолятов *Salmonella spp*. обнаружена чувствительность.

Следует отметить, что бактерии *S. aureus*, выделенные из молока коров, были почти на 11 % (5 изолятов) устойчивы к антибиотикам группы аминогликозидов и тетрациклинов.



Резистентность штаммов к антибактериальным препаратам

В целом из всех 76 микроорганизмов наибольшее количество изолятов проявили устойчивость к антибактериальным препаратам группы аминогликозидов и тетрациклинов – 12 штаммов, что составило 16 % от общего числа микроорганизмов. Наименьшее количество микроорганизмов проявили резистентность к сульфаниламидам (5 %) и цефалоспоринам (3 %). Среди исследованных штаммов и *S. aureus* не обнаружена чувствительность ни к одной из взятых групп антибактериальных препаратов.

Для определения генетических профилей резистентности грамотрицательных бактерий были использованы праймеры, которые подбирались нами с учетом использования классов антибиотиков и антимикробных препаратов в ветеринарной практике.

В результате проведенных исследований 76 проб, проявлявших фенотипическую резистентность к антибактериальным препаратам, были протестированы методом ПЦР на наличие генов, кодирующих резистентность. Результаты представлены в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2

Гены резистентности эшерихий

Группа антибиотиков	TEM	SHV	OXAI	OXAIII	ctxM	ctxM2	cmy	PER	PER2
Бета-лактамы	3		3						
Аминогликозиды	rmtB	armA	aacA4	aac(3)II	aphA1	aadB	aadA	strA	strB
						1	3	1	
Тетрациклины	tetA	tetB	–	–	–	–	–	–	–
	4	3							
Сульфаниламиды	SUL1	SUL2	SUL3	dfr1	dfr5	dfrA7	–	–	–
			1						
Амфениколы	cmlA	catII	–	–	–	–	–	–	–
Хинолоны	qnrA	qnrB	qnrS	qepA	–	–	–	–	–

По результатам тестирования 26 проб ДНК *E. coli* выявлены гены резистентности к бета-лактамам TEM и OXAI в 3 пробах каждый, к аминогликозидам aadB – 1 проба, aadA – 3 пробы и strA – 1 проба, тетрациклинам: tetA – 4 пробы, tetB – 3 пробы, сульфаниламидам (SUL3) – 1 проба. Генов, кодирующих резистентность к антибактериальным препаратам группы амфениколов и хинолонов, обнаружено не было.

Результаты тестирования 46 проб ДНК *S. aureus* на наличие генов резистентности представлены в таблице 3.

В процессе исследования ДНК *S. aureus* были обнаружены гены, кодирующие резистентность микроорганизмов к антибактериальным препаратам:

– группы бета-лактамов – ген blaZ, тетрациклинов – tetK и tetM – в 4 исследованных образцах;

– группы аминогликозидов и макролидов, гены aph(3) и ermC – в 2 ДНК каждый.

В результате тестирования ДНК *S. aureus* гены, кодирующие резистентность к антибиотикам группы сульфаниламидов и амфениколов, не выявлены.

Таблица 3

Гены резистентности стафилококков

Группа антибиотиков	blaZ	mecA	mecC	–
Бета-лактамы	4	–	–	–
Макролиды	ermC	ermB	ermA	msrA
	2	–	–	–
Аминогликозиды	aac(6)-aph2	aph(3)	ant(6)	–
	–	2	–	–
Тетрациклины	tetK	tetM	–	–
	3	1	–	–
Сульфаниламиды	dfrG	dfrK	–	–
	–	–	–	–
Амфениколы	catA9	fex	cfr	–
	–	–	–	–

Таблица 4

Гены резистентности сальмонелл

Группа антибиотиков	TEM	SHV	OXAI	OXAIII	ctxM	ctxM2	cmy	PER	PER2
Бета-лактамы	1								
Аминогликозиды	rmtB	armA	aacA4	aac(3)II	aphA1	aadB	aadA	strA	strB
							1	1	1
Тетрациклины	tetA	tetB	–	–	–	–	–	–	–
	1								
Сульфаниламиды	SUL1	SUL2	SUL3	dfr1	dfr5	dfrA7	–	–	–
		1		2					
Амфениколы	cmlA	catII	–	–	–	–	–	–	–
Хинолоны	qnrA	qnrB	qnrS	qepA	–	–	–	–	–

Из представленных данных в таблице 4 видно, что гены резистентности сальмонелл были выявлены в 4 из 6 исследуемых групп антибиотиков. Наиболее часто были выделены гены, кодирующие резистентность к аминогликозидам (гены aadA, strA, strB) и сульфаниламидам (гены SUL2 и dfr1). Гены, кодирующие резистентность к амфениколам и хинолонам, обнаружены не были.

Заключение. По результатам проведенных нами исследований можно сделать вывод, что мясо, мясные и молочные продукты могут представлять серьезную опасность для здоровья человека, если они получены с нарушением санитарно-гигиенического режима при заготовке и на этапах обращения пищевой продукции (хранение, транспортирование и реализация). Усугубляет ситуацию и значительная распространенность резистентности микроорганизмов в продукции животноводства.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

– из 384 исследованных проб выделено и идентифицировано 76 микроорганизмов, из них 28 штаммов – *E. coli*, 2 штамма – *Salmonella spp*., 46 – *S. aureus*;

– все исследуемые микроорганизмы проявили резистентность как минимум к одному антибактериальному препарату, большинство исследуемых штаммов обладали полирезистентностью;

– наибольшее количество изолятов проявили фенотипическую устойчивость к антибактериальным препаратам группы аминогликозидов и тетрациклинов – 12 штаммов, что составило 16 % от общего числа микроорганизмов;

– наименьшее количество микроорганизмов проявили резистентность к сульфаниламидам (5 %) и цефалоспоринам (3 %);

– у 14,5 % микроорганизмов обнаружены гены кодирующие резистентность к бета-лактамным антибиотикам, у 12 % – к аминогликозидным препаратам. Гены резистентности к амфениколам и хинолонам выявлены не были.

Полученные результаты свидетельствуют, что на территории Костанайской области Республики Казахстан циркулируют возбудители энтеропатогенных заболеваний, обладающие не только фенотипической, но и генотипической резистентностью к антибактериальным препаратам.

Список источников

1. Всемирная организация здравоохранения. Борьба с устойчивостью к антибиотикам с позиций безопасности пищевых продуктов в Европе. 2016. Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark // СПС Консультант Плюс.
2. EFSA (European Food Safety Authority) and ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control), 2017.The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2015 // EFSA Journal. 2017. № 15(2):4694, 212 pp. DOI: 10.2903/j.efsa.2017.4694.
3. *Pal C., Bengtsson-Palme J., Kristiansson E., Larsson DGJ*: The structure and diversity of

human, animal and environmental resistomes // Microbiome, 4, 54 (2016). DOI: 10.1186/s40168-016-0199-5.
4. Глобальный план действий по борьбе с устойчивостью к противомикробным препаратам, ВОЗ 2016 // СПС Консультант Плюс.
5. *Maron D.F., Smith T.J., Nachman K.E.* (2013). Restrictions on antimicrobial use in food animal production: An international regulatory and economic survey // Global Health 9:48. DOI:10.1186/1744-8603-9-48.
6. *Alanis A.J.* 2005. Resistance to antibiotics: are we in the post antibiotic era. Arch. Med. Res., 36:697-705.
7. *Lammie S.L., Hughes J.M.* Antimicrobial Resistance, Food Safety, and One Health: The Need for Convergence // Annual Review of Food Science and Technology № 7 (2016) P. 287–312. DOI: 10.1146/annurev-food-041715-033251.
8. *Забровская А.В.* Чувствительность к антимикробным препаратам микроорганизмов, выделенных от сельскохозяйственных животных и из продукции животноводства // Journal Vetpharma. 2012. № 5.
9. Wageningen university and research. Healthy animals without antibiotics. Access: 17-09-2017. URL: http://www.wur.nl/en/article/Healthy-animals-without-antibiotics.htm.
10. *Кулмагамбетов И.Р., Сарсенбаева С.С., Рамазанова Ш.Х.* и др. Современные подходы к контролю и сдерживанию антибиотикорезистентности в мире // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. 9 (Ч. 1) С. 54–59.
11. Европейский стратегический план действий по проблеме устойчивости к антибиотикам. ВОЗ. Европейский региональный комитет. Шестьдесят первая сессия. 10 июня 2011 г. Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark // СПС Консультант Плюс.
12. Декларация по борьбе с антимикробной резистентностью. 16 сентября 2000 года, Торонто, Онтарио, Канада // СПС Консультант Плюс.
13. НД-ПМП-1 – Набор дисков для определения чувствительности к противомикробным препаратам – 1. ТУ 9398-006-01967164-2009. Регистрационное удостоверение № ФСР 2009/06290 от 10.12.2009 г. / ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера, Россия, Санкт-Петербург.
14. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters Version 9.0, valid from 2019-01-01, P. 96.
15. CLSI M100-ED29:2019 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 29th Edition. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2019.
16. МУК 4.2.1890-04. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: метод. указания. М.: ФЦГиЭРоспотребнадзора, 2004. Введ. с 04.03.2004.

References

1. Vsemirnaya organizaciya zdravoohraneniya. Bor'ba s ustojchivost'yu k antibiotikam s pozicij bezopasnosti pischevyh produktov v Evrope. 2016. Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark // SPS Konsul'tant Plyus.
2. EFSA (European Food Safety Authority) and ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control), 2017.The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2015 // EFSA Journal. 2017. № 15(2):4694, 212 pp. DOI: 10.2903/j.efsa.2017.4694.
3. *Pal C., Bengtsson-Palme J., Kristiansson E., Larsson DGJ*: The structure and diversity of human, animal and environmental resistomes // Microbiome, 4, 54 (2016). DOI: 10.1186/s40168-016-0199-5.
4. Global'nyj plan dejstvij po bor'be s ustojchivost'yu k protivomikrobnym preparatam, VOZ 2016 // SPS Konsul'tant Plyus.
5. *Maron D.F., Smith T.J., Nachman K.E.* (2013). Restrictions on antimicrobial use in food animal production: An international regulatory and economic survey // Global Health 9:48. DOI:10.1186/1744-8603-9-48.
6. *Alanis A.J.* 2005. Resistance to antibiotics: are we in the post antibiotic era. Arch. Med. Res., 36:697-705.
7. *Lammie S.L., Hughes J.M.* Antimicrobial Resistance, Food Safety, and One Health: The Need for Convergence // Annual Review of Food Science and Technology № 7 (2016) P. 287–312. DOI: 10.1146/annurev-food-041715-033251.
8. *Zabrovskaya A.V.* Chuvstvitel'nost' k antimikrobnym preparatam mikroorganizmov, vyde-

lennyh ot sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i iz produkcii zhivotnovodstva // Journal Vetpharma. 2012. № 5.
9. Wageningen university and research. Healthy animals without antibiotics. Access: 17-09-2017. URL: http://www.wur.nl/en/article/Healthy-animals-without-antibiotics.htm.
10. *Kulmagambetov I.R., Sarsenbaeva S.S., Ramazanova Sh.H.* i dr. Sovremennye podhody k kontrolyu i sderzhivaniyu antibiotikorezistentnosti v mire // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2015. 9 (Ch. 1) S. 54–59.
11. Evropejskij strategicheskij plan dejstvij po probleme ustojchivosti k antibiotikam. VOZ. Evropejskij regional'nyj komitet. Shest'desyat pervaya sessiya. 10 iyunya 2011 g. Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark // SPS Konsul'tant Plyus.
12. Deklaraciya po bor'be s antimikrobnoj rezistentnost'yu. 16 sentyabrya 2000 goda, Toronto, Ontario, Kanada // SPS Konsul'tant Plyus.
13. ND-PMP-1 – Nabor diskov dlya opredeleniya chuvstvitel'nosti k protivomikrobnym preparatam - 1. TU 9398-006-01967164-2009. Registracionnoe udostoverenie № FSR 2009/06290 ot 10.12.2009 g. / FBUN NII `epidemiologii i mikrobiologii im. Pastera, Rossiya, Sankt-Peterburg.
14. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters Version 9.0, valid from 2019-01-01, P. 96.
15. CLSI M100-ED29:2019 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 29th Edition. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2019.
16. MUK 4.2.1890-04. Opredelenie chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam: metod. ukazaniya. M.: FCGi`ERospotrebnadzora, 2004. Vved. s 04.03.2004.

Статья принята к публикации 21.12.2021 / The article accepted for publication 21.12.2021.

Информация об авторах:

Анара Муратовна Мендыбаева, научный сотрудник НИИ прикладной биотехнологии, магистр ветеринарных наук
Модестас Рузаускас, старший научный сотрудник Института микробиологии и вирусологии, доктор Ph.D., профессор
Юлия Евгеньевна Алешина, докторант кафедры ветеринарной медицины, магистр ветеринарных наук
Гульнур Казыевна Алиева, научный сотрудник НИИ прикладной биотехнологии, магистр ветеринарных наук
Габит Бактиярович Муканов, магистрант кафедры ветеринарной медицины
Раушан Миранбаевна Рыщанова, заведующая отделом иммунобиологических исследований НИИ прикладной биотехнологии, доктор Ph.D., профессор

Information about the authors:

Anara Muratovna Mendybaeva, Researcher, Research Institute of Applied Biotechnology, Master of Veterinary Sciences
Modestas Ruzauskas, Senior Researcher, Institute of Microbiology and Virology, Doctor Ph.D., Professor
Yulia Evgenievna Aleshina, Doctoral Student at the Department of Veterinary Medicine, Master of Veterinary Sciences
Gulnur Kazievna Alieva, Researcher, Research Institute of Applied Biotechnology, Master of Veterinary Sciences
Gabit Baktiyarovich Mukanov, Master Student at the Department of Veterinary Medicine
Raushan Miranbaevna Ryshchanova, Head of the Department of Immunobiological Research, Research Institute of Applied Biotechnology, Doctor Ph.D., Professor