



<https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-171-178>
УДК 619:618.19-002:636.22/.28:637.075

Разработка и апробация набора хромогенных сред для экспресс-диагностики мастита крупного рогатого скота

А. В. Капустин, А. И. Лаишевцев, В. А. Савинов, П. Н. Шастин, Х. Х. Гильманов, А. В. Хабарова

ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Мастит крупного рогатого скота является одним из наиболее распространенных и экономически значимых заболеваний в молочном животноводстве. Для его диагностики предложены три хромогенные среды, каждая из которых предназначена для выделения и дифференциации определенных групп возбудителей мастита: среда I – для бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, среда II – для микроорганизмов рода *Staphylococcus*, среда III – для бактерий рода *Streptococcus*.

Цель исследования. Оценка чувствительности, специфичности, дифференцирующих и ингибирующих свойств хромогенных сред, а также их апробация на образцах молока от коров с маститом.

Материалы и методы. Для оценки чувствительности использовали контрольные штаммы *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* в различных концентрациях (1×10^0 , 1×10^1 , 1×10^2 КОЕ/мл). Рост микроорганизмов оценивали через 24 ч инкубации при 37 °С. Специфичность и дифференцирующие свойства изучали на 22 штаммах микроорганизмов, сравнивая их рост и цвет колоний на хромогенных и контрольной средах. Ингибирующие свойства оценивали по наличию или отсутствию роста культур. Апробацию сред проводили с использованием образцов молока от коров с маститом, используя стандартизированные методы посева и культивирования.

Результаты. Хромогенные среды показали сопоставимую с контрольной средой (колумбийский агар с добавлением 5% дефибрированной крови барана) чувствительность ($p > 0,05$). Среда I обеспечила дифференциацию микроорганизмов по цвету колоний, но имела низкие ингибирующие свойства. Среда II избирательно выделяла стафилококки, подавляя рост других бактерий. Среда III поддерживала рост энтерококков и стрептококков, в том числе *Streptococcus agalactiae*. Апробация на образцах молока подтвердила возможность дифференциации культур до вида.

Заключение. Разработанные хромогенные среды обеспечивают высокую точность диагностики мастита, сочетая чувствительность, специфичность и дифференцирующие свойства. Их комплексное использование позволяет охватить широкий спектр микроорганизмов и избирательно выделить целевые группы бактерий. Дальнейшая работа будет направлена на улучшение сред для подавления роста грибов и повышения точности диагностики.

Ключевые слова: мастит, экспресс-диагностика, крупный рогатый скот, молоко, хромогенные среды

Благодарности: Исследование проведено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект FGUG-2025-0003.

Для цитирования: Капустин А. В., Лаишевцев А. И., Савинов В. А., Шастин П. Н., Гильманов Х. Х., Хабарова А. В. Разработка и апробация набора хромогенных сред для экспресс-диагностики мастита крупного рогатого скота. *Ветеринария сегодня*. 2025; 14 (2): 171–178. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-171-178>

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Савинов Василий Александрович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории микологии и антибиотиков им. А. Х. Саркисова ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Рязанский проспект, 24/1, г. Москва, 109428, Россия, visik06@mail.ru

Development and testing of a set of chromogenic media for rapid diagnosis of bovine mastitis

Andrey V. Kapustin, Alexey I. Laishevtsev, Vasily A. Savinov, Pavel N. Shastin, Khamid Kh. Gilmanov, Alla V. Khabarova

Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospekt, Moscow 109428, Russia

ABSTRACT

Introduction. Bovine mastitis remains one of the most prevalent and economically significant diseases in dairy cattle production. Three chromogenic media have been proposed for the diagnosis, each specifically designed for isolation and differentiation of certain mastitis pathogen groups: Medium I is intended for *Enterobacteriaceae* family bacteria, Medium II – for *Staphylococcus* genus microorganisms, Medium III – for *Streptococcus* genus bacteria.

Objective. The objective is to evaluate the sensitivity, specificity, differentiation capacities and inhibitory properties of these chromogenic media, and to test the media using milk samples from mastitic cows.

Materials and methods. For sensitivity testing, the control strains (*Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*) at concentrations of 1×10^0 , 1×10^1 , and 1×10^2 CFU/mL were used. Microbial growth was assessed following 24-hour incubation at 37 °C. Specificity and differentiation capacities were studied using 22 microbial strains, their growth patterns and colony coloration in chromogenic and control media were compared. Inhibitory properties were determined based on presence/absence of culture growth. The media were evaluated using milk samples from mastitic cows and standardized culturing methods.

Results. The chromogenic media demonstrated sensitivity comparable to the control media (Columbia agar supplemented with 5% defibrinated sheep blood), $p > 0.05$. Medium I enabled reliable color-based differentiation but showed limited inhibitory effects. Medium II ensured selective isolation of staphylococci while effectively suppressing growth of other bacteria. Medium III supported growth of both enterococci and streptococci, including *Streptococcus agalactiae*. The tests conducted in milk samples confirmed genus level differentiation capability.

Conclusion. The developed chromogenic media ensure high-accuracy mastitis diagnosis due to their sensitivity, specificity and differentiation properties. Their implementation makes it possible to cover an extensive range of microorganisms and to selectively isolate the targeted bacterial groups. Further work will be aimed at improving the media for fungal growth suppression and increasing the diagnostic accuracy.

Keywords: mastitis, rapid diagnosis, cattle, milk, chromogenic media

Acknowledgements: The study was conducted as part of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project FGUG-2025-0003.

For citation: Kapustin A. V., Laishevtsev A. I., Savinov V. A., Shastin P. N., Gilmanov Kh. Kh., Khabarova A. V. Development and testing of a set of chromogenic media for rapid diagnosis of bovine mastitis. *Veterinary Science Today*. 2025; 14 (2): 171–178. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2025-14-2-171-178>

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

For correspondence: Vasilii A. Savinov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratories of Mycology and Antibiotics named after A. H. Sarkisov, Federal Scientific Centre VIEV, 24/1 Ryazansky prospekt, Moscow 109428, Russia, visik06@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Мастит крупного рогатого скота – это воспаление молочной железы, которое является одним из самых распространенных и экономически значимых заболеваний в молочном животноводстве [1, 2, 3]. Его распространение связано со множеством факторов, включающих нарушение гигиены доения, плохие условия содержания коров, неправильную технику доения, снижение иммунитета животных и отсутствие своевременной профилактики [4, 5, 6]. Мастит может протекать как в клинической форме с явными симптомами, такими как отек, покраснение и болезненность вымени, так и в субклинической, когда признаки воспаления отсутствуют, но качество молока ухудшается [7].

Этиология мастита включает две основные группы причин: механические и инфекционные. Механические связаны с травмами вымени, которые могут возникать вследствие неправильной техники доения, использования неисправного доильного оборудования, ушибов или повреждений при выпасе. Такие травмы создают благоприятные условия для возникновения инфекционного процесса, что может привести к развитию воспаления [8]. Однако основную роль в возникновении маститов играют патогенные микроорганизмы [9].

Наиболее распространенными возбудителями мастита являются *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli* и другие [10, 11]. *S. aureus* является одним из наиболее опасных возбудителей, так как он способен вызывать хронические формы мастита, устойчивые к лечению [12, 13, 14, 15]. *S. agalactiae* передается в основном через доильное оборудование и может длительное время сохраняться в организме коровы [16]. *E. coli* часто вызывает острые формы мастита, сопровождающиеся тяжелыми симптомами [17].

Для диагностики инфекционного мастита коров в арсенале ветеринарного врача существует ряд инструментов, которые имеют свои преимущества и недостатки [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. Одним из наиболее распространенных методов является бактериологическое исследование молока [25, 26]. Для этого образцы молока отбирают с соблюдением стерильности и высевают на питательные среды. После инкубации в термостате проводят идентификацию микроорганизмов

по их морфологическим, биохимическим и культуральным свойствам. Этот метод позволяет точно определить возбудителя и подобрать эффективное лечение, однако он требует времени (2–3 дня) и специального оборудования [27]. Для ускорения диагностики инфекционного мастита могут использоваться хромогенные среды. Они содержат специальные субстраты, которые изменяют цвет под действием ферментов, вырабатываемых определенными микроорганизмами, и уже на следующие сутки после посева можно определить этиологическую единицу возбудителя мастита. На данный момент применяются различные виды экспресс-тестов, а именно подложки с питательной средой Compact Dry (R-Biopharm AG, Германия) или RIDA® COUNT (Chisso Corporation, Япония) [28, 29]. Линейки наборов представлены различными тестами, направленными на выявление *S. aureus*, энтеробактерий, сальмонелл и на определение общего микробного числа, бактерий из группы кишечной палочки, дрожжей и плесеней.

В лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН) была предложена собственная рецептура набора хромогенных сред, позволяющая дифференцировать возбудителей мастита, не прибегая к длительным лабораторным исследованиям. Набор представлен тремя различными хромогенными средами, которые при комплексном использовании позволяют сделать заключение о спектре возбудителей мастита в каждом конкретном случае. Это дает возможность установить спектр возбудителей, что, в свою очередь, может повлиять на выбор дальнейшей терапии.

Цель работы – определить эффективность и качество предложенного набора хромогенных сред для диагностики мастита крупного рогатого скота.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Хромогенные среды. Было приготовлено три хромогенные питательные среды.

Среда I предназначена для определения и дифференциации наиболее часто встречаемых микроорганизмов семейства *Enterobacteriaceae*.

Среда II предназначена для определения и дифференциации микроорганизмов рода *Staphylococcus*.

Среда III предназначена для определения и дифференциации микроорганизмов рода *Streptococcus* (в частности, *S. agalactiae*).

Для удобства применения три среды разместили в одной чашке Петри с секторами.

Эффективность хромогенных питательных сред определяли по ряду критериев: чувствительность, специфичность, культуральные свойства контрольных штаммов микроорганизмов, дифференцирующие и ингибирующие свойства. В качестве контрольной использовали коммерческую среду – колумбийский кровяной агар (HiMedia Laboratories Pvt Ltd., Индия) с добавлением 5% дефибринированной крови барана.

Контрольные штаммы. В качестве контрольных штаммов служили 22 культуры разных видов микроорганизмов из коллекции патогенных и вакцинных штаммов микроорганизмов – возбудителей инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН: *E. coli* ATCC 25922, *S. agalactiae* ATCC 8057, *S. aureus* ATCC 12600, *Klebsiella pneumoniae* B-1392, *Proteus mirabilis* B-1382, *Pseudomonas aeruginosa* B-1366, *Salmonella typhimurium* B-1025, *Enterococcus faecalis* B-1399, *Enterococcus faecium* 1921, *Acinetobacter baumannii* 2516, *Enterobacter cloacae* 1322, *Staphylococcus hominis* 1377, *Staphylococcus equorum* 2511, *Staphylococcus haemolyticus* 2505, *Staphylococcus pseudintermedius* B-1849, *Morganella morganii* 1418, *Streptococcus uberis* 2114, *Streptococcus dysgalactiae* 2432, *Streptococcus pyogenes* 1972, *Aerococcus viridans* 2320, *Streptococcus canis* 2326, *Streptococcus suis* 2383.

Подготовка разведений бактериальных суспензий. Исходные бактериальные взвеси готовили с концентрацией $1 \times 10^8 - 1 \times 10^9$ КОЕ/мл, используя фармакопейный стандартный образец (ФСО 3.1.00085). Для получения необходимых посевных концентраций исходные суспензии последовательно титровали десятикратными разведениями.

Определение чувствительности. На исследуемые хромогенные и контрольную среды высевали штаммы *S. agalactiae*, *S. aureus* и *E. coli* по 1 мл в различных

концентрациях: 1×10^0 , 1×10^1 , 1×10^2 КОЕ/мл. Через (24 ± 2) ч инкубации при 37 °С сравнивали количество выросших колоний во всех посевах. Опыт проводили в трех повторностях. Для сравнения средних значений групп и определения статистически значимых различий между ними использовали тест Стьюдента (*t*-критерий): если *p*-значение < 0,05, различия считаются статистически значимыми.

Оценка специфичности. Специфичность определяли для каждой хромогенной среды отдельно. Сравнивали рост и характер изменений колоний различных штаммов бактерий на одной и той же опытной среде и отмечали наличие сходства или различий.

Оценка дифференцирующих свойств. Для определения дифференцирующих свойств сравнивали изменения контрольных штаммов на хромогенных и контрольной средах (структура, цвет колоний, цвет среды вокруг колоний).

Оценка ингибирующих свойств. Ингибирующие свойства определяли по наличию или отсутствию роста культур на хромогенных средах в сравнении с наличием роста на контрольной среде.

Апробация сред с образцами маститного молока. Было отобрано 8 образцов молока в количестве 10 мл от коров с маститом, который подтверждали тестом на соматические клетки «Кенотест» (CID Lines, Бельгия). Отбор проводили в стерильные контейнеры для хранения биологического материала. Срок хранения молока перед посевом составлял не более 2 ч с момента отбора. Температура хранения была в пределах +4...+8 °С. Посев совершали с помощью стерильного ватного тампона: погружали его в молоко, удаляли излишки влаги о стенки контейнера, после чего образец засеивали сплошным газоном на три хромогенные среды. Учет результатов проводили после культивирования в течение 24 ч при температуре 37 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения чувствительности хромогенных сред использовали три целевых штамма (*S. agalactiae*, *S. aureus* и *E. coli*), которые засеивали по 1 мл в трех различных концентрациях (1×10^0 , 1×10^1 , 1×10^2 КОЕ/мл). После культивирования в течение суток при 37 °С подсчитывали количество колониеобразующих единиц на всех средах. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1
Средние значения колониеобразующих единиц для каждого исследуемого вида микроорганизма на опытных и контрольной средах
Table 1
Mean colony-forming unit values for each tested microorganism species in experimental and control media

КОЕ/мл		Среда I	Среда II	Среда III	Контроль
<i>S. agalactiae</i>	1×10^2	116,0 ± 11,4	Ингибируется	117,7 ± 12,7	105,3 ± 21,4
	1×10^1	20,3 ± 1,2		21,7 ± 3,8	23,0 ± 6,1
	1×10^0	3,7 ± 1,2		5,7 ± 1,5	3,3 ± 3,5
<i>S. aureus</i>	1×10^2	112,0 ± 14,0	111,3 ± 8,3	Ингибируется	118,3 ± 10,0
	1×10^1	21,7 ± 3,2	17,3 ± 2,1		23,0 ± 6,1
	1×10^0	3,7 ± 2,5	4,0 ± 2,6		3,0 ± 2,6
<i>E. coli</i>	1×10^2	100,3 ± 4,9	Ингибируется	Ингибируется	118,3 ± 9,1
	1×10^1	27,0 ± 2,0			21,7 ± 1,5
	1×10^0	4,3 ± 2,1			2,3 ± 2,3

Таблица 2
Оценка статистической достоверности (t-критерий Стьюдента) сравниваемых групп

Table 2
Statistical significance assessment (Student's t-test) between compared groups

Сравниваемые группы	КОЕ/мл	<i>S. agalactiae</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
Среда I vs контроль	1×10^2	0,63	0,18	0,06
	1×10^1	0,45	0,81	0,12
	1×10^0	0,89	0,42	0,18
Среда II vs контроль	1×10^2	Ингибируется	0,46	Ингибируется
	1×10^1		0,30	
	1×10^0		0,76	
Среда III vs контроль	1×10^2	0,39	Ингибируется	Ингибируется
	1×10^1			
	1×10^0			

Для выявления статистически значимого различия или сходства использовали тест Стьюдента, результаты которого представлены в таблице 2.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что хромогенные среды обеспечивают сопоставимые с контрольной средой результаты по чувствительности, что подтверждает статистический анализ (t-критерий Стьюдента, $p > 0,05$): различия между хромогенными средами и контрольной средой не являются статистически значимыми для всех используемых штаммов и концентраций. Таким образом, хромогенные среды обеспечивают хорошую высеваемость целевых микроорганизмов даже в минимальном количестве.

Изучение специфичности, дифференцирующих и ингибирующих свойств хромогенных сред проводили одновременно с использованием 22 штаммов микроорганизмов различных видов. Результаты представлены в таблице 3.

Установлено, что среда I обладает высокой специфичностью: большинство исследуемых бактерий образовывали колонии с уникальными цветами. Например, *E. coli* формировали бордовые колонии, *S. aureus* –

Таблица 3
Результаты изучения специфичности, дифференцирующих и ингибирующих свойств хромогенных сред в сравнении с контрольной средой

Table 3
Results of tests for specificity, differentiation capacities and inhibitory properties of chromogenic media as compared with control medium

Микроорганизмы	Среда I		Среда II		Среда III		Контроль	
	Рост	Цвет колонии	Рост	Цвет колонии	Рост	Цвет колонии	Рост	Цвет колонии
<i>Escherichia coli</i>	Хороший	Бордовый	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Хороший	Фиолетово-синий	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Proteus mirabilis</i>	Хороший	Прозрачный	Хороший	Прозрачный	Умеренный	Прозрачный	Хороший	Серовато-белый
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Хороший	Серо-зеленый	Ингибируется		Хороший	Сине-зеленый	Хороший	Сине-зеленый
<i>Salmonella typhimurium</i>	Хороший	Прозрачный	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Enterococcus faecalis</i>	Хороший	Сине-голубой	Ингибируется		Хороший	Сине-зеленый	Хороший	Серовато-белый
<i>Enterococcus faecium</i>	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Сине-зеленый	Хороший	Серовато-белый
<i>Acinetobacter baumannii</i>	Хороший	Бледно-желтый	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Enterobacter cloacae</i>	Хороший	Фиолетово-синий	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Morganella morganii</i>	Хороший	Янтарный	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Staphylococcus aureus</i>	Хороший	Золотистый	Умеренный	Фиолетовый	Ингибируется		Хороший	Золотистый
<i>Staphylococcus hominis</i>	Хороший	Белый	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Белый
<i>Staphylococcus equorum</i>	Хороший	Фиолетово-розовый	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Белый
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	Хороший	Белый	Хороший	Зеленый	Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Staphylococcus pseudintermedius</i>	Хороший	Бежево-розовый	Хороший	Сине-зеленый	Ингибируется		Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus agalactiae</i>	Умеренный	Бледно-розовый	Ингибируется		Хороший	Голубой	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus uberis</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	Умеренный	Бледно-розовый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Aerococcus viridans</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Ингибируется		Хороший	Зеленоватый
<i>Streptococcus canis</i>	Умеренный	Белый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый
<i>Streptococcus suis</i>	Умеренный	Бледно-розовый	Ингибируется		Умеренный	Белый	Хороший	Серовато-белый

золотистые, *P. aeruginosa* – серо-зеленые, а *S. equorum* – фиолетово-розовые. Однако некоторые микроорганизмы, такие как *E. cloacae* и *K. pneumoniae*, имели схожий цвет колоний (фиолетово-синий), что может затруднить их визуальное различие. Ингибирующие свойства были выражены слабо: все исследуемые штаммы микроорганизмов демонстрировали рост в течение 24 ч. Тем не менее среда I обеспечивала эффективную дифференциацию контрольных штаммов по цвету колоний, что позволяет уже на ранних этапах визуально различать микроорганизмы.

Ингибирующие свойства среды II выражены сильно: рост большинства бактерий отсутствовал, за исключением целевых микроорганизмов – *Staphylococcus* spp. Стоит отметить, что специфичность у среды невысокая – большинство стафилококков окрашивались в сине-зеленый цвет. Однако одинаковый цвет имели преимущественно сапрофитные микроорганизмы, в то время как потенциально патогенные стафилококки (*S. aureus* и *S. haemolyticus*) отличались по цвету. Например, *S. aureus* образовали фиолетовые колонии, а *S. hominis* и *S. equorum* – сине-зеленые, что позволило визуально различить

их. По сравнению с контрольной среда II обеспечивала дифференциацию стафилококков по цвету.

Среда III продемонстрировала хорошие ингибирующие свойства, эффективно подавляя рост большинства микроорганизмов, за исключением грамположительных кокков и некоторых представителей семейства *Enterobacteriaceae*. Дифференцирующие и специфические свойства среды были выражены слабо и проявлялись преимущественно для энтерококков, которые окрашивались в сине-зеленый цвет, и для *S. agalactiae*, образующих голубые колонии.

Использование в сочетании всех трех хромогенных сред обеспечивает комплексный подход к диагностике mastitis, демонстрируя высокую чувствительность, специфичность и дифференцирующие свойства. Такой метод позволяет охватить широкий спектр микроорганизмов, избирательно выделяя целевые группы бактерий, такие как стафилококки, стрептококки и энтерококки.

Для проверки сред в реальных условиях были отобраны образцы молока, которые в дальнейшем высевали на три хромогенные среды. Результаты представлены на рисунке.

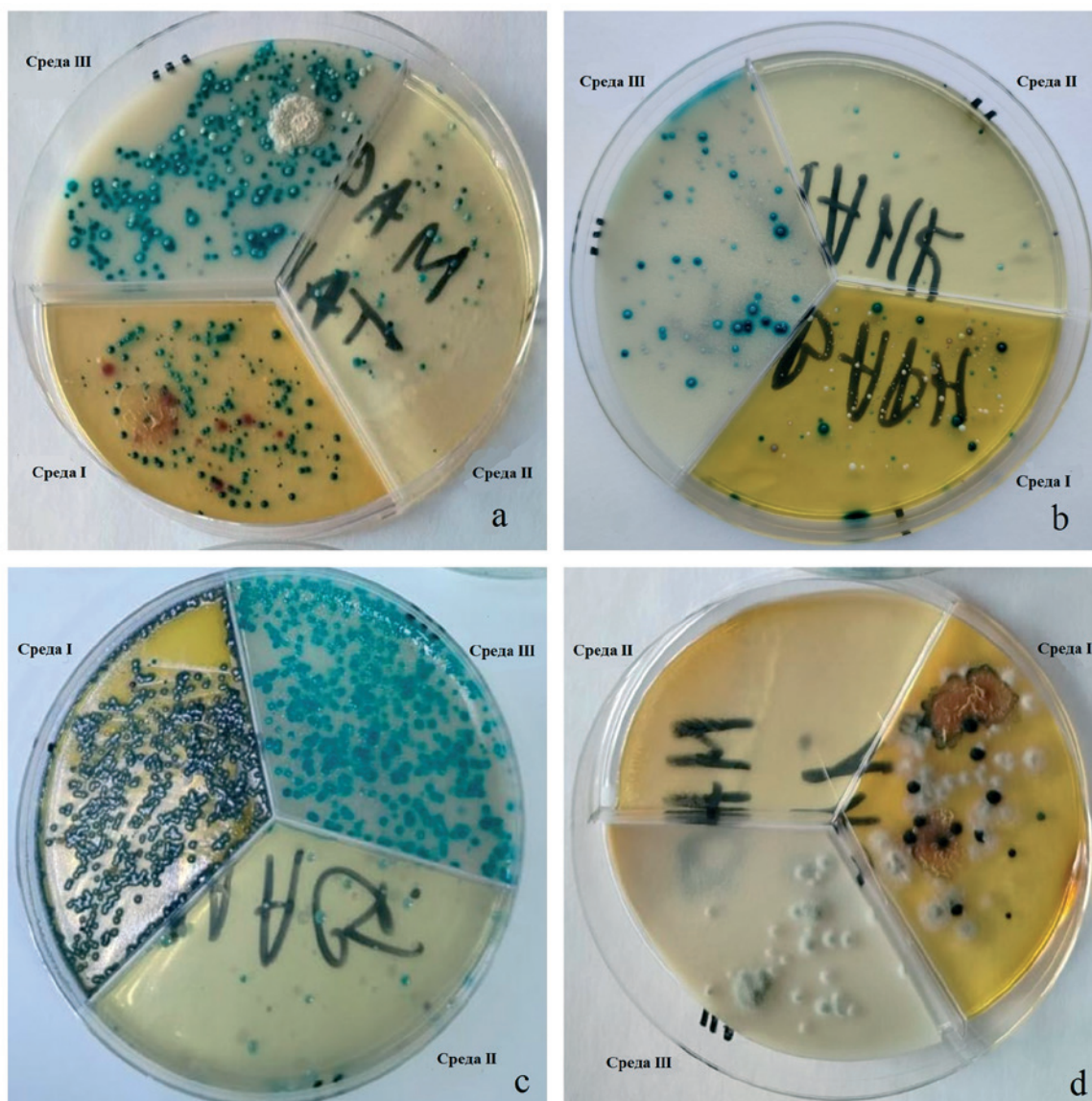


Рис. Апробация сред с образцами молока (культивирование при 37 °C в течение 24 ч)

Fig. Testing of culture media using milk samples (cultivated at 37 °C for 24 h)

Использование одновременно трех сред для посева молока позволяет дифференцировать культуры практически до вида. Так, на рисунке (а) видно, что на средах I и III выросли микроорганизмы рода *Enterococcus* sp. (предположительно, *E. faecalis*, поскольку *E. faecium* имеет более темный зеленый цвет). Единичные колонии на среде II представлены бактериями *Staphylococcus* sp., при этом исключается рост *S. aureus*, поскольку он на среде II должен иметь фиолетовый цвет. Также можно увидеть бордовые колонии на среде I, что говорит о наличии *E. coli* в исследуемом образце. На рисунке (b) микробиом образца представлен практически только *Enterococcus* sp. Белые и зеленые колонии на средах I и II соответственно сформированы микроорганизмами рода *Staphylococcus* sp., но не *S. aureus*. На рисунке (c) представлена монокультура бактерий из рода *Enterococcus* sp., предположительно *E. faecium*. В четвертом образце на рисунке (d) все выделенные изоляты являются мицелиальными грибами. Еще одна проба молока показала результаты, схожие с рисунком (b), в трех других посевах рост микроорганизмов отсутствовал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные хромогенные среды демонстрируют высокую эффективность для диагностики мастита крупного рогатого скота. Среда I, обладая высокой чувствительностью и дифференцирующими свойствами, позволяет проводить первичный скрининг и выявлять широкий спектр микроорганизмов, включающий представителей семейства *Enterobacteriaceae*. Среда II благодаря сильным ингибирующим свойствам избирательно выделяет стафилококки, что особенно важно для идентификации патогенных видов, таких как *S. aureus*. Среда III, хотя и имеет ограниченные дифференцирующие свойства, эффективно поддерживает рост энтерококков и стрептококков, в том числе *S. agalactiae*, что делает ее важной для диагностики мастита.

Комплексное использование всех трех сред обеспечивает высокую точность диагностики, позволяя не только охватить широкий спектр микроорганизмов, но и избирательно выделить целевые группы бактерий. Это значительно ускоряет процесс идентификации возбудителей и способствует своевременному назначению эффективной терапии. Апробация сред на образцах молока от коров с маститом подтвердила их практическую применимость и эффективность в реальных условиях.

В ходе исследований было отмечено, что на средах возможно развитие мицелиальных грибов, что может затруднить интерпретацию результатов. В связи с этим планируется продолжить работу по улучшению составов сред, исследуя различные препараты в разных концентрациях для ингибирования роста грибов. Это позволит повысить специфичность сред и исключить ложноположительные результаты, связанные с развитием нецелевых микроорганизмов.

Стоит отметить, что при использовании стандартизированных одноразовых петлей для посева молока существует возможность примерного определения количества колониеобразующих единиц. Хотя этот метод не обеспечивает высокой точности, он позволяет примерно оценить степень обсемененности молока, что может быть полезно для предварительной оценки тяжести инфекции.

Таким образом, разработанные хромогенные среды представляют собой перспективный инструмент для экспресс-диагностики мастита, сочетающий в себе высокую чувствительность, специфичность и дифференцирующие свойства. Их использование в ветеринарной практике может значительно ускорить диагностику и улучшить эффективность лечения мастита, что положительно скажется на здоровье животных и продуктивности молочного стада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зюбин И. Н., Смирнов П. Н., Напримеров В. А., Нимацыренов Г. Г. Маститы крупного рогатого скота. Новосибирск: ООО «2Д»; 2009. 95 с.
2. Никитина М. В., Столбова О. А., Скосырских Л. Н. Лечебно-профилактические мероприятия при мастите крупного рогатого скота. *Молочнохозяйственный вестник*. 2019; (3): 31–39. <https://elibrary.ru/qbdgic>
3. Goulart D. B., Mellata M. *Escherichia coli* mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13:928346. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.928346>
4. Vakkamäki J., Taponen S., Heikkilä A.-M., Pyörälä S. Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2017; 59:33. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0301-4>
5. Осолкова М. В., Кузьмина Э. В. Этиология мастита и его взаимосвязь с гинекологическими заболеваниями крупного рогатого скота. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014; (4): 86–88. <https://elibrary.ru/sucqyt>
6. Pascu C., Herman V., Iancu I., Costinar L. Etiology of mastitis and antimicrobial resistance in dairy cattle farms in the western part of Romania. *Antibiotics*. 2022; 11 (1):57. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010057>
7. Мастит: этиология, профилактика, диагностика, лечение: учебное пособие. Сост. С. В. Щепеткина. 2-е изд., доп. СПб.: ФГБОУ ВО СПбГАВМ; 2020. 308 с. <https://elibrary.ru/gozcpv>
8. Никитина М. В., Столбова О. А., Скосырских Л. Н. Изучение этиологических факторов мастита крупного рогатого скота. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (5): 197–200. <https://elibrary.ru/vhlytw>
9. Иванов Е. В., Капустин А. В., Авдеевская Н. Н. Изучение воздействия вакцинации в отношении *Staphylococcus aureus*, вызывающего маститы и эндометриты у коров. *Ветеринария сегодня*. 2024; 13 (4): 360–365. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-360-365>
10. Ganguly S. Bacteriological examination of cow milk samples collected from case of chronic clinical mastitis. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*. 2016; 5 (6): 8–9. <https://www.researchgate.net/publication/303994840>
11. Люсин Е. А. Критерии выбора антибактериальных препаратов при лечении мастита крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2021; 347 (4): 50–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-50-52>
12. Ganguly S., Wakchaure R. Bacteriological analysis of cow milk sample suspected of being affected with sub-clinical mastitis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 2016; 6 (3): 38–39. <https://www.researchgate.net/publication/309389480>
13. Hoque M. N., Das Z. C., Rahman A. N. M. A., Haider M. G., Islam M. A. Molecular characterization of *Staphylococcus aureus* strains in bovine mastitis milk in Bangladesh. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 2018; 6 (1): 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.03.008>
14. Музыка В. П., Стецко Т. И., Пашковская М. В., Падовский В. Н. Мониторинг чувствительности стафилококков к антимикробным веществам. *Ученые записки УО ВГАВМ*. 2012; 48 (2-1): 119–122. <https://repo.vsavm.by/handle/123456789/600>
15. Вареников М. В., Ташланов В. В., Морозов И. А. Профилактика мастита – высокая рентабельность молочного производства. *Молочное и мясное скотоводство*. 2014; (8): 32–35. <https://elibrary.ru/tecawh>
16. Salat O., Lemaire G., Durel L., Perrot F. Etiology of severe mastitis in French dairy herds. *PLoS ONE*. 2023; 18 (12):e0295614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295614>
17. Ali T., Kamran, Raziq A., Wazir I., Ullah R., Shah P., et al. Prevalence of mastitis pathogens and antimicrobial susceptibility of isolates from cattle and buffaloes in northwest of Pakistan. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:746755. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.746755>
18. Tommasoni C., Fiore E., Lisuzzo A., Giancesella M. Mastitis in dairy cattle: on-farm diagnostics and future perspectives. *Animals*. 2023; 13 (15):2538. <https://doi.org/10.3390/ani13152538>
19. Abd El-Tawab A. A., Nabih A. M., Saad W. Bacteriological and molecular diagnosis of most common bacteria causing subclinical mastitis in cow. *Benha Veterinary Medical Journal*. 2019; 37 (2): 28–32. <https://www.researchgate.net/publication/343114382>

20. Kahya Demirbilek S., Yıldız M., Akkoç A., Mutlu A. M., Ardiçlı Ö., Aner H. Comparison of bacteriological culture method and multiplex real-time PCR for detection of mastitis. *Research in Veterinary Science*. 2024; 172:105237. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105237>
21. Adkins P. R. F., Middleton J. R. Methods for diagnosing mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2018; 34 (3): 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.003>
22. Челнокова М. И., Шчербакова Н. А. Диагностика и терапия мастита коров. *Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (1): 20–24. <https://elibrary.ru/uqrcaa>
23. Черненко В. В., Хотмирова О. В., Черненко Ю. Н. Методы диагностики и лечения мастита у коров. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (4): 40–43. <https://elibrary.ru/ygwehu>
24. Шлейникова А. А., Скубко О. Р. Диагностика мастита у крупного рогатого скота. *Научно-инновационное развитие ветеринарной науки и практики: материалы Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции (Омск, 10 ноября 2022 г.)*. Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ; 2022; 77–80. <https://www.elibrary.ru/gmiyot>
25. Ganguly S., Para P. A., Praveen P. K. Bacteriological examination of cow milk samples suspected of clinical mastitis: a case study. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2017; 5 (1): 207–209. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2518>
26. Ладанова М. А. Мастит у крупного рогатого скота. *Актуальные вопросы ветеринарной медицины: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедр клинической диагностики, внутренних болезней животных им. Синева А. В., акушерства и оперативной хирургии (Санкт-Петербург, 29–30 сентября 2022 г.)*. СПб.: СПбГУВМ; 2022; 75–79. <https://doi.org/10.52419/3006-2022-5>
27. Ganguly S., Padhy A., Sahoo S., Garg Sh. L., Praveen P. K., Wakchaure R. Bacteriological examination and antibiogram of milk sample of clinically infected dairy cow suffering from mastitis. *International Journal of Medical Microbiology and Tropical Diseases*. 2015; 1 (1): 6–7. <https://www.researchgate.net/publication/290427340>
28. Джангулова А. Н., Кухар Е. В., Аканова Ж. Ж., Курманов Б. А. Применение тестов Компакт Дри в полевых условиях. *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XLVII Международной научно-практической конференции (Пенза, 30 июля 2021 г.)*. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение»; 2021; 63–70. <https://elibrary.ru/unssnp>
29. Галкин А. В., Соловьева О. И., Калашникова Г. Т., Елагина А. А. Диагностика возбудителей мастита у коров с помощью подложек RIDA® COUNT. *Молочная река*. 2012; (4): 44–45. <https://elibrary.ru/egtmui>
12. Ganguly S., Wakchaure R. Bacteriological analysis of cow milk sample suspected of being affected with sub-clinical mastitis. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 2016; 6 (3): 38–39. <https://www.researchgate.net/publication/309389480>
13. Hoque M. N., Das Z. C., Rahman A. N. M. A., Haider M. G., Islam M. A. Molecular characterization of *Staphylococcus aureus* strains in bovine mastitis milk in Bangladesh. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 2018; 6 (1): 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.03.008>
14. Muzyka V. P., Stetsko T. I., Pashkovskaya M. V., Padovsky V. N. Monitoring chuvstvitel'nosti stafilokokkov k antimikrobnym veshchestvam = Monitoring of *Staphylococcus* susceptibility to antimicrobials. *Transactions of the Educational Establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine"*. 2012; 48 (2-1): 119–122. <https://repo.vsvm.by/handle/123456789/600> (in Russ.)
15. Varenikov M. V., Tashlanov V. V., Morozov I. A. Mastitis prophylaxis leads to high profitability of milk production. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2014; (8): 32–35. <https://elibrary.ru/tecawh> (in Russ.)
16. Salat O., Lemaire G., Durel L., Perrot F. Etiology of severe mastitis in French dairy herds. *PLoS ONE*. 2023; 18 (12): e0295614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295614>
17. Ali T., Kamran, Raziq A., Wazir I., Ullah R., Shah P., et al. Prevalence of mastitis pathogens and antimicrobial susceptibility of isolates from cattle and buffaloes in northwest of Pakistan. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8:746755. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.746755>
18. Tommasoni C., Fiore E., Lisuzzo A., Ganesella M. Mastitis in dairy cattle: on-farm diagnostics and future perspectives. *Animals*. 2023; 13 (15):2538. <https://doi.org/10.3390/ani13152538>
19. Abd El-Tawab A. A., Nabih A. M., Saad W. Bacteriological and molecular diagnosis of most common bacteria causing subclinical mastitis in cow. *Benha Veterinary Medical Journal*. 2019; 37 (2): 28–32. <https://www.researchgate.net/publication/343114382>
20. Kahya Demirbilek S., Yıldız M., Akkoç A., Mutlu A. M., Ardiçlı Ö., Aner H. Comparison of bacteriological culture method and multiplex real-time PCR for detection of mastitis. *Research in Veterinary Science*. 2024; 172:105237. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2024.105237>
21. Adkins P. R. F., Middleton J. R. Methods for diagnosing mastitis. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2018; 34 (3): 479–491. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2018.07.003>
22. Chelnokova M. I., Shcherbakova N. A. Cow mastitis diagnostics and treatment. *Proceedings of the State Agricultural Academy of Velikie Luki*. 2018; (1): 20–24. <https://elibrary.ru/uqrcaa> (in Russ.)
23. Chernenok V. V., Hotmirova O. V., Chernenok Yu. N. Methods of diagnostics and treatment of mastitis in cows. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoho-zajstvennoj akademii*. 2020; (4): 40–43. <https://elibrary.ru/ygwehu> (in Russ.)
24. Shleinikova A. A., Skubko O. R. Diagnosis of mastitis in cattle. *Nauchno-innovatsionnoe razvitie veterinarnoi nauki i praktiki: materialy Natsional'noi (Vserossiiskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii (Omsk, 10 noyabrya 2022 g.)* = *Scientific and Innovative Development of Veterinary Science and Practice: proceedings of the National (All-Russian) Scientific-Practical Conference (Omsk, November 10, 2022)*. Omsk: Omsk State Agrarian University; 2022; 77–80. <https://www.elibrary.ru/gmiyot> (in Russ.)
25. Ganguly S., Para P. A., Praveen P. K. Bacteriological examination of cow milk samples suspected of clinical mastitis: a case study. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2017; 5 (1): 207–209. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2518>
26. Ladanova M. A. Mastitis in cattle. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi meditsiny: materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu kafedr klinicheskoi diagnostiki, vnutrennikh boleznei zhivotnykh im. Sineva A. V., akusherstva i operativnoi khirurgii (Sankt-Peterburg, 29–30 sentyabrya 2022 g.)* = *Current issues in veterinary medicine: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the Departments of Clinical Diagnosis, Animal Internal Diseases named after A. V. Sinev, Obstetrics and Operative Surgery (Saint Petersburg, September 29–30, 2022)*. Saint Petersburg: Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine; 2022; 75–79. <https://doi.org/10.52419/3006-2022-5> (in Russ.)
27. Ganguly S., Padhy A., Sahoo S., Garg Sh. L., Praveen P. K., Wakchaure R. Bacteriological examination and antibiogram of milk sample of clinically infected dairy cow suffering from mastitis. *International Journal of Medical Microbiology and Tropical Diseases*. 2015; 1 (1): 6–7. <https://www.researchgate.net/publication/290427340>
28. Jangulova A. N., Kukhar Ye. V., Akanova Zh. Zh., Kurmanov B. A. Application of compact dry tests in the field. *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik statei XLVII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Penza, 30 iyulya 2021 g.)* = *Fundamental and applied scientific research: current issues*

REFERENCES

1. Zyubin I. N., Smirnov P. N., Naprimerov V. A., Nimatsyrenov G. G. Mastitis in cattle. Novosibirsk: OOO "2D"; 2009. 95 p. (in Russ.)
2. Nikitina M. V., Stolbova O. A., Skosyrskikh L. N. Treatment-and-prophylactic actions at mastitis of cattle. *Dairy Farming Journal*. 2019; (3): 31–39. <https://elibrary.ru/qbgdlc> (in Russ.)
3. Goulart D. B., Mellata M. *Escherichia coli* mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges. *Frontiers in Microbiology*. 2022; 13:928346. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.928346>
4. Vakkamäki J., Taponen S., Heikkilä A.-M., Pyörälä S. Bacteriological etiology and treatment of mastitis in Finnish dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2017; 59:33. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0301-4>
5. Oskolkova M. V., Kuzmina E. V. Etiology of mastitis and its interrelation with gynecologic diseases. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2014; (4): 86–88. <https://elibrary.ru/sucqyt> (in Russ.)
6. Pascu C., Herman V., Iancu I., Costinar L. Etiology of mastitis and antimicrobial resistance in dairy cattle farms in the western part of Romania. *Antibiotics*. 2022; 11 (1):57. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010057>
7. Mastitis: etiology, prevention, diagnostic, treatment. Compiled by S. V. Shchepetkina. 2nd ed. supplemented. Saint Petersburg: Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine; 2020. 308 p. (in Russ.)
8. Nikitina M. V., Stolbova O. A., Skosyrskikh L. N. Studies on the ethiological factors of cattle mastitis. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; (5): 197–200. <https://elibrary.ru/vhytlw> (in Russ.)
9. Ivanov E. V., Kapustin A. V., Avduenskaya N. N. Study of the vaccination effects against *Staphylococcus aureus*, causing mastitis and endometritis in cows. *Veterinary Science Today*. 2024; 13 (4): 360–365. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2024-13-4-360-365>
10. Ganguly S. Bacteriological examination of cow milk samples collected from case of chronic clinical mastitis. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*. 2016; 5 (6): 8–9. <https://www.researchgate.net/publication/303994840>
11. Lyusin E. A. Criteria for the selection of antibacterial drugs in the treatment of bovine mastitis. *Agrarian Science*. 2021; 347 (4): 50–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-50-52> (in Russ.)

achievements and innovations: collection of papers of the XLVII International Scientific and Practical Conference (Penza, July 30, 2021). Penza: International Center for Scientific Cooperation "Science and Enlightenment"; 2021; 63–70. <https://elibrary.ru/unssnp> (in Russ.)

29. Galkin A. V., Solovyeva O. I., Kalashnikova G. T., Elagina A. A. Diagnostika возбудителей mastita u korov s pomoshch'yu podlozhek RIDA®

COUNT = Diagnosis of mastitis pathogens using RIDA® COUNT plates. *Молочно-река*. 2012; (4): 44–45. <https://elibrary.ru/egtmu> (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 21.03.2025

Поступила после рецензирования / Revised 18.04.2025

Принята к публикации / Accepted 28.04.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Капустин Андрей Владимирович, д-р биол. наук, доцент, первый заместитель директора ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-0136-2487>, kapustin_andrei@mail.ru

Лаишевцев Алексей Иванович, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Савинов Василий Александрович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории микологии и антибиотиков им. А. Х. Саркисова ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Шастин Павел Николаевич, канд. вет. наук, старший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Гильманов Хамид Халимович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории лейкозологии ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>, gilmanov.xx@mail.ru

Хабарова Алла Викторовна, младший научный сотрудник лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-2115-1882>, habarova.alla97@mail.ru

Andrey V. Kapustin, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, First Deputy Director, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0136-2487>, kapustin_andrei@mail.ru

Aleksey I. Laishevtsev, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Acting Head, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5050-2274>, a.laishevtsev@gmail.com

Vasily A. Savinov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratories of Mycology and Antibiotics named after A. H. Sarkisov, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-1891-0005>, visik06@mail.ru

Pavel N. Shastin, Cand. Sci. (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>, shastin.pasha@yandex.ru

Khamid Kh. Gilmanov, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Leukemia, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>, gilmanov.xx@mail.ru

Alla V. Khabarova, Junior Researcher, Laboratory for Diagnostics and Control of Antibiotic Resistance of Pathogens of the Most Clinically Significant Infectious Animal Diseases, Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-2115-1882>, habarova.alla97@mail.ru

Вклад авторов: Капустин А. В. – разработка концепции исследования, утверждение окончательного варианта статьи; Лаишевцев А. И. – подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи; Савинов В. А. – разработка концепции и проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация, проведение статистического анализа; Шастин П. Н. – проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация, подготовка и редактирование текста; Гильманов Х. Х. – проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация, проведение статистического анализа; Хабарова А. В. – разработка концепции и проведение исследований, сбор данных, их анализ и интерпретация.

Contribution of the authors: Kapustin A. V. – conceptualization, final manuscript approval; Laishevtsev A. I. – text preparation and editing, final manuscript approval; Savinov V. A. – conceptualization and test conducting, data collection, analysis and interpretation, statistical analysis; Shastin P. N. – test conducting, data collection, analysis and interpretation, text preparation and editing; Gilmanov Kh. Kh. – test conducting, data collection, analysis and interpretation, statistical analysis; Khabarova A. V. – conceptualization and test conducting, data collection, analysis and interpretation.