

МИКРОБИОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 579.6

doi: 10.17072/1994-9952-2022-3-226-234

Использование дрожжевых автолизатов в составе питательных сред для культивирования микроорганизмов

Анна Викторовна Луценко^{1✉,2}, Ольга Борисовна Сопрунова³

^{1✉} Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия, ahrapova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8423-3351>

^{2,3} Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

³ soprunova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5710-6362>

Аннотация. Дрожжевые автолизаты и экстракты в качестве источников витаминов и ростовых добавок находят применение при культивировании микроорганизмов различных физиологических групп. С учетом перспективности данного направления, нами предпринята попытка использования автолизата дрожжевого штамма *Rhodotorula mucilaginosa* AgIV в качестве компонента экспериментальных питательных сред для культивирования *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia*, *Candida albicans*, изолированных из нейротрофических язв. При исследовании стабильности основных биологических свойств микроорганизмов, дифференцирующих и ингибирующих свойств экспериментальных сред установлено, что фактические данные, полученные при посеве тест-штаммов на предложенные экспериментальные среды, максимально приближены к результатам контрольных питательных сред.

Ключевые слова: *Rhodotorula mucilaginosa*, дрожжевой автолизат, экспериментальные питательные среды, тест-культура, энтеробактерии, дифференцирующие свойства, суспензия

Для цитирования: Луценко А. В., Сопрунова О. Б. Использование дрожжевых автолизатов в составе питательных сред для культивирования микроорганизмов // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2022. Вып. 3. С. 226–234. <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2022-3-226-234>.

MICROBIOLOGY

Original article

Yeast autolysates as components of nutrient media for cultivation of microorganisms

Anna V. Lutsenko^{1✉,2}, Olga B. Soprunova³

^{1✉} Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, ahrapova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8423-3351>

^{2,3} Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

³ soprunova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5710-6362>

Abstract. Yeast autolysates and extracts as sources of vitamins and growth supplements are used to cultivate microorganisms of various physiological groups. Considering the prospects of this approach, we attempted to use the autolysate of the yeast strain *Rhodotorula mucilaginosa* AgIV as a protein component of experimental nutrient media for cultivation of *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia*, and *Candida albicans* isolated from neurotrophic ulcers. When studying the stability of the main biological properties of microorganisms as well as differentiating and inhibitory properties of experimental media, no differences were found with the results obtained by inoculating the test strains on control nutrient media.

Keywords: *Rhodotorula mucilaginosa*, yeast autolysate, experimental nutrient media, test culture, enterobacteria, differentiating properties, suspension

For citation: Lutsenko A. V., Soprunova O. B. [Yeast autolysates as components of nutrient media for cultivation of microorganisms], *Bulletin of the Perm University. Biology*. Iss. 3 (2022): pp. 226-234. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2022-3-226-234>.

Введение

Актуальной проблемой в области микробиологических исследований является использование экономически выгодных, безопасных и доступных компонентов питательных сред, не уступающих по своим

свойствам и качеству мясному, рыбному и казеиновому сырью [Курилова, 2009]. Правильно подобранный состав питательной среды влияет не только на рост посевного материала, но и на конечный продукт в целом. Необходимым условием является доступность питательных веществ среды для усваивания их микроорганизмами [Федорова и др., 2017; Bonnet et al., 2020]. Показано, что различия в составе компонентов питательных сред приводят к последующим изменениям свойств микробных культур [Villamil, Váquiro, Solanilla, 2017; Petrova et al., 2021]. В связи с этим, разработка эффективных питательных сред, используемых для культивирования микроорганизмов с сохранением их основных признаков, остается весьма актуальной задачей [Ковтун и др., 2014].

Дрожжевые организмы обладают уникальными свойствами, позволяющими регулировать биохимические превращения и контролировать ферментационный процесс [Пермякова, 2016]. Преимущество использования дрожжевых автолизатов в питательных средах заключается в постоянстве клеточных компонентов, что позволяет избежать негативного воздействия содержащихся в исходном мясном сырье антибиотиков, гормонов и др. [Базлов, Авдеева, Никифоров, 2012; Hølen, Austgulen, Espe, 2021]. Дрожжевые продукты (экстракты и гидролизаты пивных, пекарских и кормовых дрожжей) являются не только превосходными источниками витаминов группы В и азотистых оснований, повышающими ростовые качества микробиологических сред, но и рассматриваются как безопасное и экономически выгодное целевое сырье [Омельченко, 2020; Храпова и др., 2020; Тарас, Фурик, Жабанос, 2021]. В настоящее время подтверждена эффективность применения дрожжевого автолизата в качестве белковой основы для культивирования чумного бактериофага [Аленкина и др., 2011]. Чен с соавт. [Chen et al., 2011] изучали синтез янтарной кислоты культурой *Actinobacillus succinogenes* при росте на средах, содержащих гидролизат пивных дрожжей в качестве источника углерода. Высокое содержание белка, витаминов группы В и минералов в продуктах автолиза дрожжей позволяет использовать их при культивировании требовательных микроорганизмов и синтезе целевых метаболитов.

Цель исследования – изучение возможности применения автолизата дрожжевого штамма *Rhodotorula mucilaginosa* AgIV в качестве компонента микробиологических питательных сред.

Материалы и методы исследований

Материал

В работе использовали штамм дрожжей *Rhodotorula mucilaginosa* AgIV, изолированный из эпифитной микробиоты шампиньона *Agaricus* sp., произрастающего в северной части Астраханской обл. (Ахтубинский р-н, с. Садовое). Штамм *Rhodotorula mucilaginosa* AgIV депонирован в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии» (ФГБНУ ВНИИСХМ г. Пушкин, регистрационный номер RCAM05019) как потенциальный объект для получения биомассы кормового белка [Храпова, Сопрунова, 2011]. Автолизат данного дрожжевого штамма апробирован и рекомендован с целью возможного применения в составе комбикорма при выращивании тилапии (*Tilapia*) и гуппи (*Poecilia*) на базе Инновационного центра «Биоаквапарк-НТЦ Аквакультуры» (Астрахань) для повышения биологических и рыбоводных показателей.

В качестве тест-культур использовали *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia*, *Candida albicans*, выделенные из нейротрофических язв пациентов ФГБУ «Научно-исследовательский институт по изучению лепры» Минздрава России (с 01.04.2022 реорганизован в форме присоединения к ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России¹).

В работе использовали набор коммерческих реагентов для бактериологических исследований (контрольные питательные среды): питательная среда для выделения стафилококков сухая «Стафилококкагар» производства ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии», Оболенск (ФБУН ГНЦ ПМБ), ТУ 9398-109-78095326-2010; среда Сабуро (агар) для культивирования дрожжевых и плесневых грибов, сухая (ООО «Биотехновация», Электрогорск), ТУ 9385-001-16542938-2012; набор реагентов для бактериологических исследований «Питательная среда для выделения энтеробактерий сухая (агар Эндо-ГРМ)» (ФБУН ГНЦ ПМБ), ТУ 9398-027-78095326-2007. Контрольные питательные среды готовили в соответствии с инструкциями производителей.

В качестве экспериментальных питательных сред приготовили следующие среды (г/л):

¹ О реорганизации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт по изучению лепры» Министерства здравоохранения Российской Федерации в форме присоединения второго учреждения к первому: Приказ Министерства здравоохранения Рос. Федерации № 1029 от 1 нояб. 2021 г.

- среда 1 «для стафилококков»: пептон ферментативный сухой – 10.0, панкреатический гидролизат казеина – 20.0, панкреатический гидролизат рыбной муки – 5.0, автолизат дрожжей *R. mucilaginosa* AgIV – 0.5; 2.0; 3.5; 5.0 соответственно, натрий хлористый – 6.0, натрий фосфорнокислый двузамещенный – 0.5, натрий углекислый – 0.1, агар – 11.0;

- среда 2 «для дрожжевых грибов»: пептон ферментативный сухой – 7.0, гидролизат соевой муки ферментативный – 3.0, глюкоза кристаллическая гидратная – 40.0, автолизат дрожжей *R. mucilaginosa* AgIV – 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0 соответственно, агар – 12.0;

- среда 3 «для энтеробактерий»: панкреатический гидролизат рыбной муки – 12.0, автолизат дрожжей *R. mucilaginosa* AgIV – 0.5; 1.0 соответственно, натрий хлористый – 3.4, Д (+) - лактоза, 1-водная – 10.0, натрия сульфит безводный – 0.8, натрия фосфат двузамещенный 12-водный – 0.5, фуксин основной для микробиологических целей – 0.2, агар – 10.0.

Методы исследования

В процессе посевов тест-культур и приготовления экспериментальных сред руководствовались стандартными методиками [Теппер, Шильникова, Переверзева, 2004]. С целью получения биомассы штамм *R. mucilaginosa* AgIV культивировали глубинным методом в бульоне Сабуро. Для приготовления автолизата дрожжевую суспензию инкубировали в течение 2 сут. в термостате при температуре +45...+50°C, затем разводили теплой водопроводной водой и стерилизовали при температуре +120°C в течение 30 мин. После предварительного отстаивания осадок отделяли центрифугированием и высушивали в сушильном шкафу при температуре +80°C, в указанных концентрациях вносили в экспериментальные среды и автоклавировали. Качественную оценку показателей экспериментальных питательных сред (стабильность основных биологических свойств микроорганизмов, дифференцирующие свойства питательных сред, ингибирующие свойства питательных сред) проводили согласно методикам [Методы ..., 2008].

Для приготовления взвеси бактериальных клеток использовали суточные тест-культуры; клетки дрожжей *R. mucilaginosa* AgIV культивировали трое суток: 0.05 мл суспензии (0.5 по McFarland), которую вносили в каждую пробирку. Посевы инкубировали в течение суток (для бактерий) и 3 сут. (для дрожжей) при температуре +37°C, оценивали наличие роста. Далее пробирки центрифугировали 10 мин. при 1 500 об/мин., удаляли супернатант, осадок отмывали стерильным физиологическим раствором. Из каждой пробирки на контрольные и экспериментальные питательные среды, соответствующие культуре, высевали 0.02 мл содержимого осадка. Инкубировали 1 сут. (+37°C), далее проводили подсчет выросших колоний посредством программно-аппаратного комплекса BIOMICV3 (GilesScientific, США).

Стабильность основных биологических свойств определяли с помощью визуальной оценки культуральных признаков колоний микроорганизмов, клетки исследуемых культур окрашивали по Граму и микроскопировали на световом микроскопе Olympus CX41 (OlympusCorp., Япония). При исследовании дифференцирующих свойств засеивали по 0.1 мл микробной суспензии из разведений 10^{-3} – 10^{-8} на чашки с контрольными и экспериментальными средами. Отмечали диффузное изменение цвета среды, диаметр и характер роста колоний тест-культур [Методы ..., 2008]. При определении ингибирующих свойств засеивали по 0.1 мл микробной суспензии из разведений 10^{-3} – 10^{-8} на чашки с контрольными и экспериментальными средами. Выявляли минимальное разведение микроорганизмов, при котором признаки роста исследуемых культур отсутствовали [Методы ..., 2008]. Каждый высеив осуществляли не менее чем в пяти повторностях. Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программы «BioStat-2009» (Analist Soft Ins., США) и пакета программ Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

При культивировании клеток *S. aureus* на экспериментальной среде 1, содержащей 2.0 г/л, 3.5 г/л, 5.0 г/л автолизата *R. mucilaginosa* AgIV, наблюдали, что выросшие колонии схожи с таковыми на контрольной среде («Стафилококкагар», ФБУН ГНЦ ПМБ). При этом тестируемый штамм формировал округлые, блестящие непрозрачные колонии с ровным краем диаметром от 2.0 до 3.0 мм (рис.1).

При добавлении 0.5 г/л дрожжевого автолизата отмечали рост более матовых колоний в сравнении с контрольными. В мазках по Граму обнаружены типичные для стафилококков Г+ круглые клетки в скоплениях.

При подсчете выросших колоний тестируемого штамма *S. aureus* выявлено, что на среде с внесением дрожжевого автолизата в концентрации 0.5 г/л и 5.0 г/л численность клеток практически равна значениям, полученным при использовании контрольной среды (рис. 2).

По нашим данным, на среде, содержащей автолизат во всех изучаемых концентрациях, тестируемый штамм *C. albicans* формировал округлые, беловато-кремовые колонии с тусклым блеском и ровным краем, диаметром от 1.0 до 1.5 мм (рис. 3).

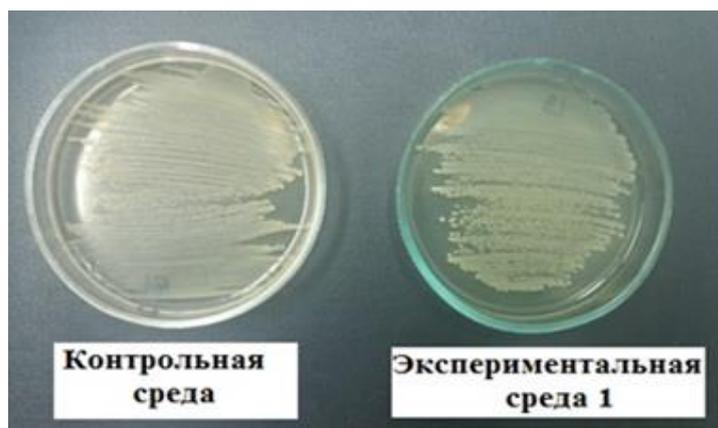


Рис. 1. Колонии *S. aureus* на контрольной и экспериментальной среде 1 (концентрация дрожжевого автолизата *R. mucilaginosa* AgIV 3.5 г/л)

[Colonies of *S. aureus* on the control and experimental medium 1 at a concentration of yeast autolysate of the *R. mucilaginosa* AgIV strain of 3.5 g/l]

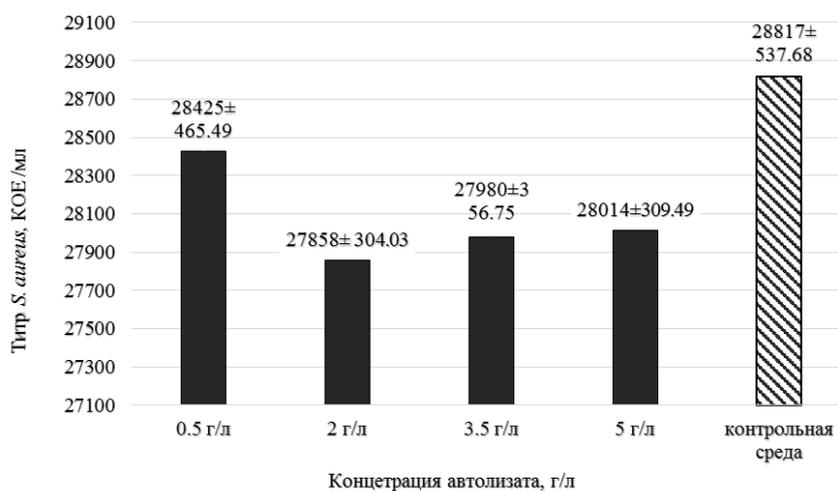


Рис. 2. Численность клеток *S. aureus* на среде 1 «для стафилококков» с различными концентрациями дрожжевого автолизата *R. mucilaginosa* AgIV

[The number of *S. aureus* cells on medium 1 «for staphylococci» with different concentrations of yeast autolysate *R. mucilaginosa* AgIV]



Рис. 3. Колонии *C. albicans* на контрольной и экспериментальной среде 2 (концентрация дрожжевого автолизата *R. mucilaginosa* AgIV 0.5 г/л)

[Colonies of *C. albicans* on the control and experimental medium 2 at a concentration of yeast autolysate of the *R. mucilaginosa* AgIV strain of 0.5 g/l]

Мазки, окрашенные по Граму, представлены темно-фиолетовыми короткими овальными клетками. При культивировании *C. albicans* на экспериментальной среде 2, содержащей от 0.5 до 4.0 (с интервалом 0.5) г/л автолизата дрожжевого штамма *R. mucilaginosa* AgIV, наблюдали выросшие колонии, схожие с таковыми, полученными на контрольной среде (агар Сабуро) для культивирования дрожжевых и плесневых грибов (ООО «Биотеновация»).

При подсчете выросших колоний тестируемого штамма *C. albicans* выявили, что на среде с внесением дрожжевого автолизата в концентрациях от 2.0 г/л до 3.0 г/л численность колоний близка к контрольным значениям (рис. 4).

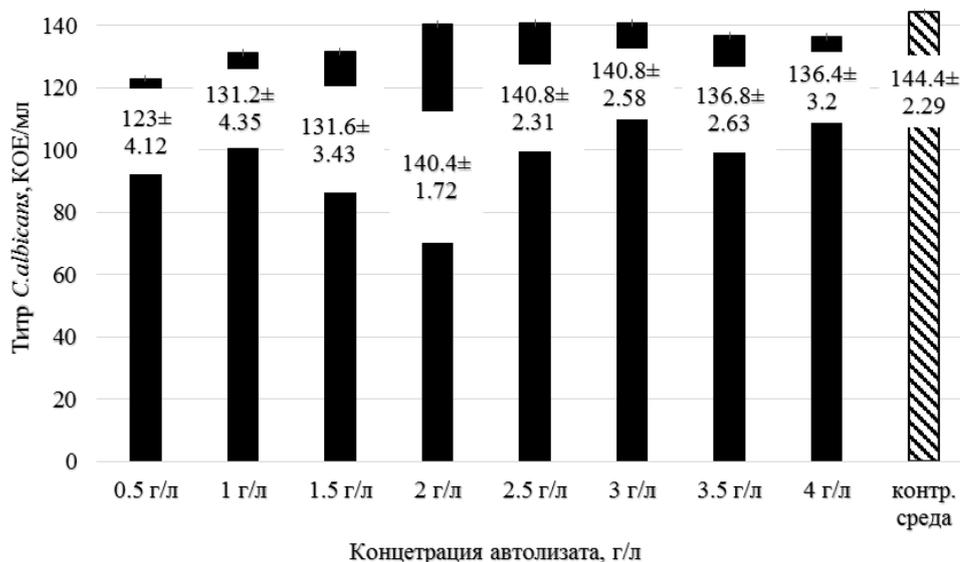


Рис. 4. Численность клеток *C. albicans* на среде 2 «для дрожжевых грибов» с различными концентрациями дрожжевого автолизата *R. mucilaginosa* AgIV

[The number of *C. albicans* cells on medium 2 «for yeast fungi» with different concentrations of yeast autolysate *R. mucilaginosa* AgIV]

При культивировании *K. pneumoniae* на экспериментальной среде 3 (концентрация дрожжевого штамма *R. mucilaginosa* AgIV 1.0 г/л) установлено, что выросшие колонии сходны с таковыми на контрольной среде по культурально-морфологическим признакам (питательная среда для выделения энтеробактерий сухая агар Эндо-ГРМ, ФБУН ГНЦ ПМБ). Однако при данной концентрации дрожжевого автолизата рост тестируемого штамма характеризовался выпуклыми, слизистыми ярко-розовыми колониями диаметром от 1.8 до 2.0 мм, но без металлического блеска (рис. 5).

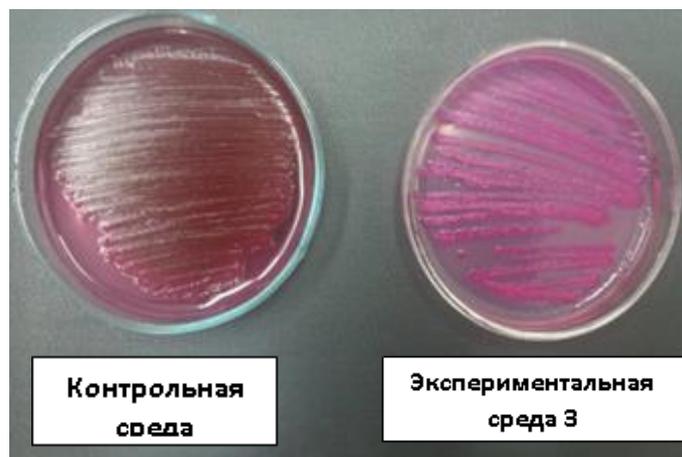


Рис. 5. Колонии *K. pneumoniae* на контрольной и экспериментальной среде 3 (концентрация дрожжевого автолизата *R. mucilaginosa* AgIV 1.0 г/л)

[Colonies of *K. pneumoniae* on the control and experimental medium 3 at a concentration of yeast autolysate of the *R. mucilaginosa* AgIV strain of 1.0 g/l]

На средах, содержащих 0.5 г/л дрожжевого автолизата, наблюдали рост выпуклых, слизистых малиновых и розовых колоний, частично лишенных металлического блеска. В мазках по Граму в обоих случаях обнаружены Г- короткие утолщенные палочки.

При подсчете колоний тестируемого штамма *K. pneumonia* отмечали, что на среде с внесением 1.0 г/л дрожжевого автолизата численность бактериальных клеток, выросших на контрольной и опытной среде практически не отличалась, несколько ниже отмечено количество колоний на среде с добавлением автолизата в концентрации 0.5 г/л, при этом разница в значениях не являлась статистически достоверной (контроль – 19764±302.12 КОЕ/мл, экспериментальная среда – 14012 ± 115 КОЕ/мл) (рис. 6).

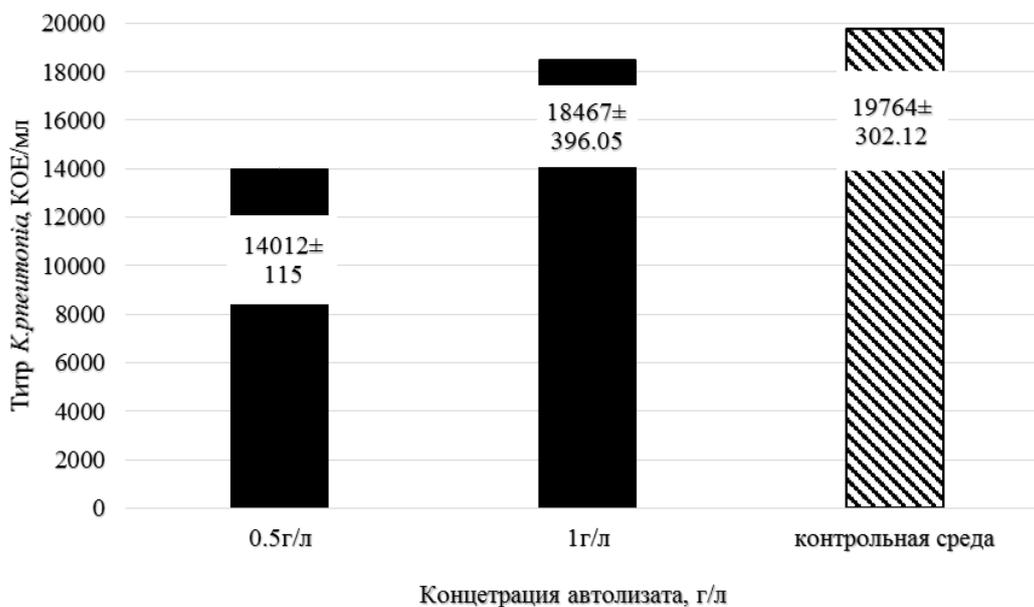


Рис. 6. Численность клеток *K. pneumonia* на среде 3 «для энтеробактерий» с различными концентрациями дрожжевого автолизата *R. mucilaginosa* AgIV

[Number of *K. pneumonia* cells on medium 3 «for enterobacteria» with different concentrations of yeast autolysate *R. mucilaginosa* AgIV]

При исследовании дифференцирующих свойств экспериментальных сред при содержании автолизата 3.5 г/л не выявлены существенные различия в характере роста исследованных тест-культур *S. aureus* и *C. albicans* в сравнении с контролем: при наличии подавляющего большинства характерных культуральных признаков культур отмечали лишь незначительное уменьшение размеров колоний и некоторую «разреженность» штриха. На средах с добавлением автолизата в концентрациях 0.5; 2.0; 5.0 г/л (для *S. aureus*) и 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 4.0 г/л (для *C. albicans*) культурально-морфологических различий не отмечено.

При посеве тест-культуры *K. pneumonia* при добавлении в среды автолизата в обеих изучаемых концентрациях выявлено изменение окраски: колонии окрашены в розовый цвет без характерного металлического блеска, также наблюдается осветление среды. Других выраженных различий в признаках не установлено.

По нашим данным, ингибирующие свойства экспериментальных сред различны для тест-культур. При максимальной (5.0 г/л) концентрации внесенного дрожжевого автолизата в питательной среде 1 обильный рост колоний *S. aureus* наблюдали в посевах всех исследованных разведений (10^3 – 10^8). Аналогичные результаты получены для среды 1 при концентрации автолизата 3.5 г/л в посевах разведений 10^6 – 10^8 КОЕ. Внесение автолизата в экспериментальную среду 1 в количестве 2.0 и 0.5 г/л характеризовалось умеренным ростом тест-культуры *S. aureus* по сравнению с контролем. При выращивании *C. albicans* на экспериментальной среде 2 с добавлением всех использованных в работе концентраций автолизата (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0 г/л) отмечали ярко выраженный характер роста культуры в разведениях 10^5 – 10^8 и незначительное количество колоний в посевах разведений 10^3 – 10^4 . В посевах разведений 10^5 – 10^8 *K. pneumonia* на экспериментальной среде 3 при внесении 0.5 г/л и 1.0 г/л автолизата присутствие колоний умеренно выражено, слабый рост культуры зафиксирован в разведениях 10^3 – 10^4 .

Таким образом, анализ посевов тест-культур на экспериментальные среды свидетельствовал о том, что исследованные штаммы *S. aureus* и *C. albicans* формируют видимые колонии уже при минимальном (10^3) разведении при добавлении в среду дрожжевого автолизата всех концентраций. При этом характер

интенсивности роста сопоставим с таковым на контрольных средах. При посевах меньших разведений тест-культур ингибирование роста идентично традиционно используемым средам. Более выраженное ингибирующее действие экспериментальных сред в сравнении с контролем наблюдали при посевах культуры *K. pneumoniae*. При посевах микробных клеток из более высоких степеней разведений в стандартный период времени [Методы ..., 2008] роста не отмечено.

Заключение

Исследованиями установлено, что экспериментальные среды с автолизатом дрожжевого штамма *R. mucilaginosa* AgIV перспективны для культивирования микроорганизмов различных родов, особенно дрожжевых грибов.

Ингибирующие свойства экспериментальных сред для культур *S. aureus* и *C. albicans* в целом идентичны контрольным и соответствовали требованиям [Методы ..., 2008]. Видимые колонии данных тестируемых микроорганизмов зарегистрированы уже при минимальном (10^{-3}) разведении при добавлении в среду дрожжевого автолизата всех концентраций, причем характер интенсивности роста сопоставим с таковым на контрольных средах.

Ингибирующие свойства экспериментальной среды для *K. pneumoniae* при посевах малых разведений тест-культуры (10^{-3} – 10^{-4}) также соответствовали требованиям [Методы ..., 2008]. Менее выраженными дифференцирующими и ингибирующими свойствами обладает экспериментальная среда для культивирования энтеробактерий.

Список источников

1. Аленкина Т.В. и др. Оптимизация стадии репродукции в технологии производства бактериофага диагностического чумного Л-413С // Проблемы особо опасных инфекций. 2011. № 2. С. 79–82.
2. Базлов Г.В., Авдеева Н.Г., Никифоров А.К. Конструирование питательных сред на основе дрожжевого автолизата пекарских дрожжей для культивирования холерного вибриона в производстве вакцины холерной бивалентной химической таблетированной // Вестник Саратовского государственного университета. 2012. № 3. С. 7–10.
3. Ковтун Ю.С. и др. Сравнительная оценка потенциальных белковых основ микробиологических сред // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. № 3. С. 92–95.
4. Курилова А.А. и др. Разработка питательных сред из растительного сырья для культивирования возбудителей особо опасных инфекций // Проблемы особо опасных инфекций. 2009. № 3. С. 66–68.
5. Методы контроля бактериологических питательных сред: метод. указания. М., 2008. 67 с.
6. Омельченко Г.В. Экзогенные источники витаминоподобных веществ, и перспектива применения дрожжей в получении пищевых продуктов особого состава // Буглеровские сообщения. 2020. Т. 63, № 8. С. 110–117.
7. Пермькова Л.В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 42, № 3. С. 46–52.
8. Тарас В.А., Фурик Н.Н., Жабанос Н.К. Изучение влияния дрожжевого экстракта на развитие бифидобактерий разных видов // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2021. Т. 1, № 10. С. 113–121.
9. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М: Дрофа, 2004. 256 с.
10. Федорова О.В. и др. Питательные среды в производствах медицинских и ветеринарных препаратов // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20, № 4. С. 130–133.
11. Храпова А.В. и др. Оценка безопасности эпифитных дрожжей высших грибов Астраханской области, перспективных объектов для получения белковых кормовых продуктов // Актуальные вопросы органической химии и биотехнологии: материалы заоч. докл. Междунар. науч. конф. Екатеринбург: АМБ, 2020. С. 433-435.
12. Храпова А.В., Сопрунова О.Б. Скрининг новых штаммов дрожжей для получения кормового белка // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 5–3. С. 210–213.
13. Bonnet M. et al. Bacterial culture through selective and non-selective conditions: the evolution of culture media in clinical microbiology // New Microbes and New Infections. 2020. Vol. 34. Article 100622.
14. Chen K.Q. et al. Succinic acid production by *Actinobacillus succinogenes* using hydrolysates of spent yeast cells and corn fiber // Bioresource technology. 2011. Vol. 102, № 2. P. 1704–1708.
15. Holen E., Austgulen M.H., Espe M. RNA from baker's yeast cultured with and without lipopolysaccharide (LPS) modulates gene transcription in an intestinal epithelial cell model, RTgutGC from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Fish & Shellfish Immunology. 2021. Vol. 119. P. 397–408.
16. Petrova I. et al. Utilization of fish protein hydrolysates as peptones for microbiological culture medias // Food Bioscience. 2021. Vol. 42. Article 101063.

17. Villamil O., Váquiro H., Solanilla J.F. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties // *Food Chemistry*. 2017. Vol. 224. P. 160–171.

References

1. Alenkina T.V., Zinina O.S., Antonycheva M.V., Vakhrushina N.I., Nikiforov A.K. [Optimization of the reproduction stage in the production technology of the bacteriophage diagnostic plague L-413C]. *Problemy osobo opasnykh infektsiy*. No 2 (2011): pp. 79-82. (In Russ.).
2. Bazlov G.V., Avdeeva N.G., Nikiforov A.K. [Design of nutrient media based on baker's yeast autolysate for cholera vibrio cultivation in the production of cholera bivalent chemical tablet vaccine]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta*. No 3 (2012): pp. 7-10. (In Russ.).
3. Kovtun Yu.S., Kurilova A.A., Taran T.V., Katunina L.S., Churikova N.V. [Comparative evaluation of potential protein bases of microbiological media]. *Problemy osobo opasnykh infektsiy*. No 3 (2014): pp. 92-95. (In Russ.).
4. Kurilova A.A., Taran T.V., Katunina L.S., Golovneva S.I. [Development of nutrient media from vegetable raw materials for the cultivation of pathogens of especially dangerous infections]. *Problemy osobo opasnykh infektsiy*. No 3 (2009): pp. 66-68. (In Russ.).
5. *Metody kontrolya bakteriologicheskikh pitatel'nykh sred* [Methods for controlling bacteriological nutrient media: Guidelines]. Moscow, 2008. 67 p. (In Russ.).
6. Omelchenko G.V. [Exogenous sources of vitamin-like substances, and the prospect of using yeast in the production of food products of a special composition]. *Butlerovskie soobshcheniya*. V. 63, No 8 (2020): pp. 110-117. (In Russ.).
7. Permyakova L.V. [Classification of stimulators of vital activity of yeast]. *Technika i tehnologiya pishchevyykh proizvodstv*. V. 42, No 3 (2016): pp. 46-52. (In Russ.).
8. Taras V.A., Furik N.N., Zhabanos N.K. [Study of the effect of yeast extract on the development of different types of bifidobacteria]. *Aktual'nye voprosy pererabotki mjasnogo i molochnogo syr'ya*. V. 1, No 10 (2021): pp. 113-121. (In Russ.).
9. Tepper E.Z., Shilnikova V.K., Pereverzeva G.I. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Drofa Publ., 2004. 256 p. (In Russ.).
10. Fedorova O.V., Ponkratova S.A., Valeeva R.T., Islamgulov I.R. [Nutrient media in the production of medical and veterinary drugs]. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*. V. 20, No 4 (2017): pp. 130-133. (In Russ.).
11. Khrapova A.V., Luzhnova S.A., Duiko V.V., Soprunova O.B. [Safety assessment of epiphytic yeasts of higher fungi of the Astrakhan region, promising objects for obtaining protein feed products]. *Aktual'nye voprosy organicheskoy khimii i biotekhnologii* [Topical issues of organic chemistry and biotechnology. Materials of correspondence reports of the International Scientific Conference]. Ekaterinburg, AMB Publ., 2020, pp. 433-435. (In Russ.).
12. Khrapova A.V., Soprunova O.B. [Screening of new yeast strains for feed protein production]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoy akademii nauk*. V. 13, No 5-3 (2011): pp. 210-213. (In Russ.).
13. Bonnet M., Lagier J.C., Raoult D., Khelaifia S. Bacterial culture through selective and non-selective conditions: the evolution of culture media in clinical microbiology. *New Microbes and New Infections*. V. 34 (2020): Article 100622.
14. Chen K.Q., Li J., Ma J.F., Jiang M., Wei P., Liu Z.M., Ying H.J. Succinic acid production by *Actinobacillus succinogenes* using hydrolysates of spent yeast cells and corn fiber. *Bioresource technology*. V. 102, No 2 (2011): pp. 1704-1708.
15. Hohen E., Austgulen M.H., Espe M. RNA form baker's yeast cultured with and without lipopolysaccharide (LPS) modulates gene transcription in an intestinal epithelial cell model, RTgutGC from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*. V. 119 (2021): pp. 397-408.
16. Petrova I., Tolstorebrov I., Zhivlyantseva I., Eikevik T.M. Utilization of fish protein hydrolysates as peptones for microbiological culture medias. *Food Bioscience*. V. 42 (2021): Article 101063.
17. Villamil O., Váquiro H., Solanilla J.F. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food Chemistry*. V. 224 (2017): pp. 160-171.

Статья поступила в редакцию 30.06.2022; одобрена после рецензирования 09.09.2022; принята к публикации 29.09.2022.

The article was submitted 30.06.2022; approved after reviewing 09.09.2022; accepted for publication 29.09.2022.

Информация об авторах

А. В. Луценко – кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела по изучению лепры, ассистент кафедры биологии и ботаники, доцент кафедры «Прикладная биология и микробиология»;

О. Б. Сопрунова – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой «Прикладная биология и микробиология».

Information about the authors

A. V. Lutsenko – candidate of biological sciences, researcher at the Leprosy Department, assistant professor of the Department of Biology and Botany, associate professor of the Department of Applied Biology and Microbiology;

O. B. Soprunova – doctor of biological sciences, professor, head of the Department of Applied Biology and Microbiology.

Вклад авторов:

Луценко А. В. – анализ литературы; выполнение исследования; обработка результатов; статистическая обработка материала; написание исходного текста; итоговые выводы.

Сопрунова О. Б. – концепция исследования; развитие методологии, доработка текста; итоговые выводы.

Contribution of the authors:

Lutsenko A.V. – literature analysis; performing research; processing results; statistical processing of material; writing the original text; final conclusions.

Soprunova O. B. – the concept of the study; development of methodology, revision of the text; final conclusions.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.