

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-6-2-1592

EDN: DOOMVZ

УДК 579.64



Научные обзоры

СУБСТРАТЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ БАКТЕРИОЦИНОВ: ОБЗОР

*Т.С. Дмитриенко, Т.А. Мальцева, В.Н. Шевченко,
Е.Н. Косолапова, Д.В. Старостин*

Аннотация

Обоснование. В связи с увеличением спроса на рыбную продукцию, запас дикой рыбы непрерывно истощается. Это приводит к высокому уровню развития аквакультуры в мире. Высокое содержание микроорганизмов в воде, в том числе патогенных, может негативно сказываться на его качестве и безопасности. Особую опасность для объектов аквакультуры представляет сальмонелла. Гидробионты могут являться носителями данной бактерии, которая, при попадании в организм человека, вызывает острую кишечную инфекцию. Это особенно важно при потреблении в пищу сырой продукции – мидии, моллюски, сырая рыба. В настоящее время для борьбы с патогенными микроорганизмами используют антибиотики, негативное влияние которых доказано во всем мире. В связи с чем, существует острая необходимость в поиске эффективных решений, направленных на борьбу с негативным влиянием патогенных микроорганизмов на объекты аквакультуры. Перспективным считается использование бактериоцинов, вызывающих подавление роста и гибель патогенных микроорганизмов. Эффективность пробиотических препаратов и бактериоцинов можно повысить за счет использования полезных штаммов бактерий, присутствующих в естественной среде обитания животных. Такой подход позволит создавать специализированные линейки пробиотических препаратов разного спектра действия (антиоксидантные, антимутагенные, ферментативные и прочие), которые будут способствовать развитию животноводства и минимизировать использование антибиотиков для лечения заболеваний бактериального характера. Для создания эффективной кормовой добавки на основе бактериоцинов в борьбе с сальмонеллой необходимо подобрать оптимальные условия культивирования новых штаммов-продуцентов для максимального выхода бактериоцинов.

Цель. Обзор и выявление потенциальных питательных сред для выращивания штаммов бактерий, присутствующих в естественной среде обитания животных, продуцирующие бактериоцины направленного действия.

Материалы и методы. В ходе исследования был применен сравнительно-аналитический метод. Информационная база сформирована на основе анализа данных, представленных в открытых научных публикациях. Поиск литературных источников проводился в реферативных и информационных базах данных, включая eLibrary, Российскую государственную библиотеку, ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar, National MedLine, онлайн-библиотеку Wiley и другие. В качестве поисковых запросов использовались следующие ключевые термины: «Salmonella», «сальмонелла», «бактериоцин», «bacteriocin», «субстрат», «subiectum», «штамм бактерии», «bacterial iactatio», «пробиотик», «probiotic», «пребиотик», «prebiotic», «сальмонеллез», «salmonellosis» – как в отдельности, так и в различных комбинациях. Временные ограничения при поиске не устанавливались с целью охвата максимально репрезентативного массива публикаций.

Результаты. Универсальными добавками в питательные среды для выделения бактериоцинов являются дрожжевой экстракт, пептон и глюкоза. Эти компоненты встречаются практически во всех вышеперечисленных питательных средах, что указывает на их вероятную высокую эффективность в качестве источников углерода и азота. Применение патоки, соевого жмыха, пшеничных отрубей, ферментативный раствор из лигноцеллюлозных отходов показали себя достойными субстратами с точки зрения не только производительности самих бактериоцинов, но и с точки зрения экономической эффективности субстратов. Пшеничные отруби, лигноцеллюлозные отходы, соевый шрот, патока являются вторичным сырьем. Применение вторичных продуктов и продуктов растительного происхождения, имеющих пребиотические свойства (например, зерновой ворох пшеницы ранних фаз спелости), в качестве субстратов для выделения бактериоцинов является эффективным и направлен на ресурсосбережение.

Заключение. Применение новых штаммов бактерий, выделенных из естественных сред обитания, с целью получения бактериоцинов, в аквакультуре будут способствовать развитию животноводства и минимизировать использование антибиотиков для лечения заболеваний бактериального характера.

Ключевые слова: аквакультура; микроорганизмы; бактерии; антибиотики; бактериоцины; субстраты; антагонистическая активность

Для цитирования. Дмитриенко, Т. С., Мальцева, Т. А., Шевченко, В. Н., Косолапова, Е. Н., & Старостин, Д. В. (2025). Субстраты для выделения бактериоцинов: обзор. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-2), 848-869. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-2-1592>

SUBSTRATES FOR THE ISOLATION OF BACTERIOCINS: REVIEW

*T.S. Dmitrienko, T.A. Maltseva, V.N. Shevchenko,
E.N. Kosolapova, D.V. Starostin*

Abstract

Background. Due to the increasing demand for fish products, the stock of wild fish is continuously being depleted. This leads to a high level of aquaculture development in the world. The high content of microorganisms in the water, including pathogenic ones, can negatively affect its quality and safety. Salmonella is a particular danger to aquaculture facilities. Hydrobionts can be carriers of this bacterium, which, when ingested, causes acute intestinal infection. This is especially important when eating raw products such as mussels, mollusks, and fresh fish. Currently, antibiotics are used to combat pathogenic microorganisms, the negative effects of which have been proven all over the world. In this regard, there is an urgent need to find effective solutions aimed at combating the negative impact of pathogenic microorganisms on aquaculture facilities. The use of bacteriocins, which cause the suppression of growth and death of pathogenic microorganisms, is considered promising. The effectiveness of probiotic drugs and bacteriocins can be improved by using beneficial bacterial strains present in the natural habitat of animals. This approach will make it possible to create specialized lines of probiotic drugs of different spectrum of action (antioxidant, antimutagenic, enzymatic, and others) that will promote the development of animal husbandry and minimize the use of antibiotics for the treatment of bacterial diseases. To create an effective feed additive based on bacteriocins in the fight against salmonella, it is necessary to select optimal conditions for the cultivation of new producing strains for maximum bacteriocin yield.

Purpose. Review and identification of potential culture media for growing bacterial strains present in the natural habitat of animals producing targeted bacteriocins.

Materials and methods. In the course of the study, a comparative analytical method was applied. The information base is based on the analysis of data presented in open scientific publications. Literary sources were searched in abstract and information databases, including eLibrary, the Russian State Library, ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar, National MedLine, the Wiley online Library and

others. The following key terms were used as search queries: “Salmonella”, “bacteriocin”, “subiectum”, “bacterial iactatio”, “probiotic”, “prebiotic”, “salmonellosis” – both individually and in various combinations. No time limits were set for the search in order to cover the most representative array of publications.

Results. Yeast extract, peptone and glucose are universal additives in nutrient media for the isolation of bacteriocins. These components are found in almost all of the above-mentioned nutrient media, which indicates their likely high efficiency as sources of carbon and nitrogen. The use of molasses, soybean meal, wheat bran, and an enzymatic solution from lignocellulose waste proved to be worthy substrates not only in terms of the productivity of the bacteriocins themselves, but also in terms of the economic efficiency of the substrates. Wheat bran, lignocellulose waste, soybean meal, molasses are secondary raw materials. The use of secondary products and products of plant origin having prebiotic properties (for instance, a grain pile of wheat in the early stages of ripeness) as substrates for the isolation of bacteriocins is effective and is aimed at resource conservation.

Conclusion. The use of new bacterial strains isolated from natural habitats in order to produce bacteriocins in aquaculture will contribute to the development of animal husbandry and minimize the use of antibiotics for the treatment of bacterial diseases.

Keywords: aquaculture; microorganisms; bacteria; antibiotics; bacteriocins; substrates; antagonistic activity

For citation. Dmitrienko, T. S., Maltseva, T. A., Shevchenko, V. N., Kosolapova, E. N., & Starostin, D. V. (2025). Substrates for the isolation of bacteriocins: review. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(6-2), 848-869. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-6-2-1592>

Введение

Аквакультура является самой быстроразвивающейся отраслью пищевой промышленности. На нее приходится практически 50% рыбы, которая производится в мире. В результате глобального увеличения спроса на рыбную продукцию, запас дикой рыбы истощается, что приводит к высокому уровню развития аквакультуры в мире. По данным ФАО [1], общий объем вылова рыбы в мире на 2024 год составил около 223,2 млн. тонн, при этом производство аквакультуры составило 130,9 млн. тонн.

По данным Росстата [2], потребление рыбы в России увеличивается и за 2024 год оно составило порядка 23 кг на человека в год. Это объясняется тем, что рост населения и изменение предпочтений в сторону рыбной продукции неуклонно увеличивается. Люди стали уделять больше внимания

своему здоровью, в связи с чем современные тренды по питанию предлагают сбалансированные рационы, в которые и входит рыбная продукция и другие объекты аквакультуры – ракообразные, моллюски, мидии и прочее.

Продукция аквакультуры является высокобелковым продуктом. В ее состав входят насыщенные жирные кислоты Омега-3 и Омега-6, которые нужны для укрепления иммунитета, улучшения состояния сердечно-сосудистой системы и общего состояния организма, а также витамины А, Е и D, макро- и микроэлементы - К, Se, Fe и др., необходимые для нормализации артериального давления, укрепления костей и хрящей, улучшение мозговой активности [3].

Бактериальная нагрузка сырой рыбы зависит от состояния окружающей среды и микробиологического качества воды, температуры, общей минерализации, удаленности от территорий, загрязненности фекалиями человека и животных, способа вылова и условий охлаждения. Одной из распространённых и опасных бактерий является сальмонелла. Водная среда является основным резервуаром сальмонеллы, способствует ее передаче среди гидробионтов, а также длительному персистированию в рыбном хозяйстве.

Заражение рыбных хозяйств сальмонеллой несёт опасность заражения продуктов питания и экономических убытков. В большей степени опасность представляют продукты аквакультуры, не подвергающиеся термической обработке: сырьё рыба, моллюски, мидии и прочее. Несмотря на высокую осведомленность и большое количество мер, предпринимаемых в борьбе с распространением сальмонеллы в пищевой сфере, экономические убытки остаются достаточно высокими. По данным [38], ежегодно по всему миру ущерб от сальмонеллёза составляет от 1 до 3 млрд. долларов. Поэтому поиск решений для снижения распространённости сальмонеллой является актуальным как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Для борьбы с сальмонеллой повсеместно используют антибиотики. Поэтому, помимо прямой опасности попадания бактерий сальмонеллы и других микроорганизмов в рыбу, существует косвенная опасность попадания в продукты питания антибиотиков, применяемых для борьбы с сальмонеллой. Кроме того, некоторые штаммы сальмонеллы, как и другие патогенные микроорганизмы, например, *Vibrio* spp., *Aeromonas* spp. и *Pseudomonas* spp., которые заражают представителей аквакультуры, имеют устойчивый иммунитет к антибиотикам [4-6].

Поиск решения вышеуказанных проблем требует современного и комплексного подхода. Перспективным считается использование бактериоци-

нов, представляющих собой специфические белки и белковые соединения, вырабатываемые бактериями и вызывающие подавление роста и гибель других бактерий. По данным исследования Червоткиной Д.Р. [7], бактериоцины и их продуценты способны стать профилактическим препаратом против заболеваний объектов аквакультуры, и выступить в качестве микробиологического контроля загрязненности сальмонеллой и снизить риски попадания сальмонеллы в продукты питания.

Эффективность пробиотических препаратов и бактериоцинов можно повысить за счет использования полезных штаммов бактерий, присутствующих в естественной среде обитания животных [39]. Ученые [39] разработали способ выявления перспективных штаммов бактерий из естественных сред обитания. Такой подход позволит создавать специализированные линейки пробиотических препаратов разного спектра действия (антиоксидантные, антимутагенные, ферментативные и прочие), которые будут способствовать развитию животноводства и минимизировать использование антибиотиков для лечения заболеваний бактериального характера.

Применение новых бактериоцинов, их продуцентов и инновационных способов их доставки будет способствовать профилактике заболеваний и заражения объектов аквакультуры и значительной экономии средств, необходимых для их лечения. Для создания эффективной кормовой добавки на основе бактериоцинов в борьбе с сальмонеллой необходимо подобрать оптимальные условия культивирования новых штаммов-продуцентов для максимального выхода бактериоцинов. В связи с этим, возникает острая необходимость поиска и создания универсальной питательной среды (субстрата), которая будет отличаться не только экономической, но и производительной эффективностью, а также позволит создать бактериоцины, позволяющие активно применять их в аквакультуре при борьбе с патогенными микроорганизмами, в том числе с сальмонеллой.

Цель исследования – обзор и выявление потенциальных питательных сред для выращивания штаммов бактерий, присутствующих в естественной среде обитания животных, продуцирующие бактериоцины направленного действия.

Материалы и методы

В ходе исследования был применен сравнительно-аналитический метод. Информационная база сформирована на основе анализа данных, представленных в открытых научных публикациях. Поиск литературы

ных источников проводился в реферативных и информационных базах данных, включая eLibrary, Российскую государственную библиотеку, ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar, National MedLine, онлайн-библиотеку Wiley и другие. В качестве поисковых запросов использовались следующие ключевые термины: «*Salmonella*», «сальмонелла», «бактериоцин», «bacteriocin», «субстрат», «subiectum», «штамм бактерии», «bacterial iactatio», «пробиотик», «probiotic», «пребиотик», «prebiotic», «сальмонеллез», «salmonellosis» – как в отдельности, так и в различных комбинациях. Временные ограничения при поиске не устанавливались с целью охвата максимально репрезентативного массива публикаций.

1. Бактерии, способные синтезировать бактериоцины.

Бактериоцины синтезируются грамположительными и грамотрицательными микроорганизмами, например, такими микроорганизмами, как: бактерии родов *Bacillus*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Streptomyces*. Они являются грамположительными бактериями. Касаемо грамотрицательных бактерий – это бактерии рода *Rhizobium*, *Leguminosarum*, *Klebsiella* и *Pseudomonas*. Наиболее безопасными являются грамположительные бактерии, а именно молочнокислые, так как они наиболее изучены и имеют наиболее широкий спектр применения, нежели грамотрицательные.

2. Бактериоцины.

Бактериоцины - это пептиды, синтезируемые на поверхности бактериальных рибосом микроорганизмов. Бактериоцины обладают антибактериальным действием, направленного действия против штаммов микроорганизмов, являющиеся близкородственными, либо того же вида.

Существует огромное количество различных видов бактериоцинов, но не все бактериоцины возможно применять в аквакультуре. На данный момент для аквакультуры в мире используются такие бактериоцины, как [8; 9]: Лихеницидин A1, Субтилин и коагулин (*Bacillus*), Низин A, *Lactacin 481*, *Lactocin 27*, *Plantaricin A*, *Plantacin B*, *Helveticin*, Лейкоцин, Сакацин, Педиоцин PAI/AcH, Энтероцины AS-48, A, B и другие.

Например, по данным некоторых исследований [10; 11], бактериоцины штамма *Bacillus* известны своей способностью подавлять широкий спектр основных патогенов рыб, включая бактерии и вирусы. Штамм этих бактерий способен синтезировать субпептин, турицин, мерсацидин, субтилин, субтилозин и субланцин, которые способны подавлять патогены рыб. Также известно из этого источника, что молочнокислые бактерии из кишечника раков эффективно справлялись с подавлением инфекции *A. Hydrophila*

у ракообразных. Стоит отметить, что бактериоцины выделенные из *L. Acidophilus*, которые были получены из творога, по данным [12], отлично защищают от патогенов *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*, *V. alginolyticus*. По данным других ученых [13], бактериоцин Сурфактин, который является противовирусным соединением и вырабатывается *P. aeruginosa*, *A. Calcoaceticus* и *B. Subtilis*, уже используется для борьбы с бактериальными и вирусными заболеваниями в аквакультуре. Также ряд ученых предполагают [14-17], что молочнокислые бактерии являются важным средством против сальмонеллы, а также отмечают, что, например, штамм *L. Paracasei* за счет выделения бактериоцинов позволяет снизить pH окружающей среды. Это снижает рост сальмонеллы, но не останавливает его.

3. Питательные среды (субстраты)

Для каждого вида бактериоцина необходим субстрат определенного качества, так как от условий культивирования зависит количество выделяемых бактериоцинов микроорганизмами. Если среда недостаточно полна питательными веществами, плотность клеток может не достичь необходимого уровня и низкая биомасса бактерий приведет к минимальной выработке бактериоцинов. Необходимо тщательно подходить к выбору среды не только из-за возможной непроизводительности микроорганизмами бактериоцинов, но и в целях качественного отбора бактерий из их естественной среды в лабораторную, так как, если не соблюсти вышеуказанные условия, возможны потери в колонии бактерий [18].

Существует ряд традиционных питательных сред:

- Основа из отфильтрованной морской воды. В неё добавляют 1,0-2,5% агара и солевые добавки: хлорид аммония, хлористый натрий, нитрат натрия, серноокислую медь, фосфорнокислый калий, нитрат аммония (10 ммоль/л), казеин (10 мг/мл);

- ГРМ-агар («Питательные среды», Оболенск, Россия);

- Крахмальный агар (Starch agar, Ref.1-283, Scharlau, EU);

- Среда №1 (г/л): бактопептон («Difco», США) — 20, глюкоза («Maize products», Индия) — 2,5, NaCl — 5, K₂HPO₄ («Реатэкс», г. Москва) — 2,5 (pH 7,2±0,2);

- Среда №2 (г/л): бактопептон («Difco», США) — 20, глюкоза («Maize products», Индия) — 2,5, NaCl — 5, K₂HPO₄ («Реатэкс», г. Москва) — 2,5, триптон соевый («Difco», США) — 3 (pH 7,2±0,2);

- Питательный агар (Nutrient Agar M001, HiMedia, Индия);

- АГВ (НПО «Питательные среды», г. Махачкала);

- Мюллера-Хинтона («HiMedia», Индия) [19,20].

С целью эффективного применения бактериоцинов, требуется улучшать старые и создавать новые субстраты для их выделения. Это обуславливается тем, что мир нуждается в новых видах бактериоцинов, которые будут применимы, в том числе для различных объектов аквакультуры.

В работе [21-23] представлены результаты исследования выращивания 475 штаммов *Enterococcus*, применяя 3 вида питательных сред:

среда 1: пептон, дрожжевой экстракт, кукурузный экстракт, сахароза;

среда 2: пептон, дрожжевой экстракт, кукурузный экстракт, патока из сахарной свеклы. У сред 1 и 2 концентрация составляла 1,00%, 0,05%, 0,25%, 2,00%.

среда 3: В составе третьей среды были внесены изменения, а именно, убрали патоку из сахарной свеклы и скорректировали концентрацию других компонентов. Состав среды 3: пептон (1,00%), дрожжевой экстракт (0,05%) и кукурузный экстракт (0,25%);

среда 4 содержала в себе только патоку из сахарной свеклы (2,00%).

По результатам исследования [21-23], авторы отмечают, что с помощью питательной среды 1 (кукурузный экстракт, пептон, дрожжевой экстракт, сахароза), которая отличалась своей экономичностью, обнаружены следы энтероцинов entA, entP и entB у 5 штаммов *Enterococcus*. Штаммы бактерий *E. faecalis* 58, *Enterococcus* sp. 423 и *Enterococcus* sp. 226 являются отличными кандидатами в качестве продуцентов бактериоцинов против *P. Aeruginosa*, *E. coli*, *S. Aureus* и *L. Monocytogenes*. Антагонистическая активность CFS составила 51200 МЕ/мл против штамма *L. Monocytogenes* и 1600-3200 МЕ/мл против штамма *E. faecalis* 888. Применение патоки и кукурузного сиропа может позволить увеличить экономическую эффективность производства бактериоцинов в промышленном сегменте.

Патока и кукурузный сироп действительно являются хорошими компонентами питательной среды для *Enterococcus*, однако найден не менее эффективный и доступный компонент в качестве субстрата для выделения бактериоцинов из *Enterococcus*. Об этом пишут в своих исследованиях ученые [24,25,26], где сообщают об высокой эффективности соевого шрота в качестве субстрата для выделения энтероцинов из *Enterococcus durans*. Положительные результаты были получены для энтероцинов А, В, Р и Х. Антагонистическая активность энтероцинов составляла практически 6400 АЕ/мл⁻¹. Такие результаты были получены из двух питательных сред, которые имели следующий состав (г/л):

среда 1: соевый шрот (10), декстроза (20), твин 80 (2), фосфат калия (2);

среда 2: соевый шрот (16), декстроза (20), твин 80 (1), фосфат калия (2).

Питательная среда с добавлением соевой муки является многообещающим субстратом для выделения бактериоцинов.

В других исследованиях [27,28,29] ученые отмечают высокую эффективность недорогих питательных сред: среда Лурия-Бертани, питательный бульон, триптический соевый бульон, мозгово-сердечный бульон и среды, содержащие только пептон и глюкозу, могут стать хорошими субстратами для культивирования бактериоцинов из рода *Bacillus*, а также отмечается, что добавление дрожжевого экстракта и NaCl, щелочной pH в совокупности с повышенной температурой и интенсивным перемешиванием повышают производительность бактериоцинов *Thuringiensis* и *Subtilis* P34 [30-32].

Пептон, дрожжевой экстракт и глюкоза являются хорошими вспомогательными веществами в составе питательной среды не только для вышеуказанных субстратов, но и для других основ. Например, более высокую производительность культивирования бактериоцинов обеспечили пшеничные отруби. Культивирование проводилось с помощью метода твердой ферментации. Применение пшеничных отрубей в выделении бактериоцинов из *Lactobacillus plantarum* ($582,86 \pm 0,87$ ЕД/мл), из которых получают плантарицины, исследовали ученые [33; 34]. Наиболее высокие показатели отмечены в среде на основе пшеничных отрубей (5-150 г) с добавлением пептона (1,13%), дрожжевого экстракта (1,13%), глюкозы (1,56%) и цитрата триаммония (0,50%) при температуре 37 °C в течение 24 часов. Стоимость среды оказалась ниже на 25%, чем стоимость коммерческой среды, а выработка бактериоцина выше в полтора раза. В исследовании [35] ученые предложили в качестве субстрата для выращивания пробиотиков зерновой ворох пшеницы ранних фаз спелости. Такое сырье обладает низкой стоимостью и является перспективным пребиотиком для сельского хозяйства. Поэтому, зерновой ворох пшеницы ранних фаз спелости может стать потенциальной основой питательной среды для выделения бактериоцинов.

В работе [36] ученые предложили использовать лигноцеллюлозные отходы в качестве субстрата для *Lactobacillus plantarum*, что также оказалось достаточно эффективным способом для культивирования бактериоцинов (плантарицинов). Был использован ферментативный раствор (цитратный буфер pH 6,0). Концентрация бактериоцинов составила 9,21 BU/мл.

В таблице 1 приведены бактериоцины и субстраты, необходимые для их выделения.

Таблица 1.

Бактериоцины и субстраты для их выделения [21-36]

Штамм бактерий	Субстрат	Бактериоцины
<i>Enterococcus</i> : <i>E. faecalis</i> 58, <i>Enterococcus</i> sp. 423, <i>Enterococcus</i> sp. 226 <i>Enterococcus durans</i>	1) Патока и кукурузный сироп 2) Соевая мука	Энтероцины Р, А, В, Х.
<i>Bacillus</i>	1) среда Лурии-Бертани 2) питательный бульон 3) триптический соевый бульон 4) мозгово-сердечный бульон 5) среды, содержащие только пептон и глюкозу	Thuringiensis, Subtilis P34
<i>Lactobacillus</i> : <i>Lactobacillus</i> <i>plantarum</i> <i>Lactobacillus lactis</i>	1) Пшеничные отруби с добавлением дрожжевого экстракта, пептона и глюкозы 2) лигноцеллюлозные отходы	Plantaricin A, Plantacin B и Helveticin, Низин.

Данные субстраты являются потенциально применимыми при получении бактериоцинов для борьбы с сальмонеллой. Бактериоцины имеют узкий спектр действия, так как они поражают родственных или близкородственных бактерий. Об этом указано в работе [37], где авторы говорят о необходимости создания препаратов, которые будут содержать несколько видов бактериоцинов для более эффективной борьбы с патогенными микроорганизмами, в том числе с сальмонеллой.

Выводы

Универсальными добавками в питательные среды для выделения бактериоцинов являются дрожжевой экстракт, пептон и глюкоза. Эти компоненты встречаются практически во всех вышеперечисленных питательных средах, что указывает на их вероятную высокую эффективность в качестве источников углерода и азота. Применение патоки, соевого жмыха, пшеничных отрубей, ферментативный раствор из лигноцеллюлозных отходов показали себя достойными субстратами с точки зрения не только производительности самих бактериоцинов, но и с точки зрения экономической эффективности субстратов. Пшеничные отруби, лигноцеллюлозные отходы, соевый шрот, патока являются вторичным сырьем. Применение вторичных продуктов и продуктов растительного происхождения, имеющих пребиотические свойства (например, зерновой ворох пшеницы ранних фаз спелости), в качестве субстратов для выделения бактериоцинов является

эффективным и направлен на ресурсосбережение. Применяя вторичные продукты в качестве основы для питательных сред для выделения бактериоцинов, существует возможность не только добиться создания универсальной питательной среды, отличающаяся своей доступностью, но и уменьшить количество отходов, что, будет благоприятно сказываться на экологической ситуации в мире.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Работа проведена в рамках выполнения проекта «Разработка персонифицированных кормов нового поколения с растительными и пробиотическими добавками для повышения выживаемости и улучшения здоровья рыб» (FZNE-2023-0003).

Список литературы

1. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО). *Официальный сайт*. Получено с: <https://www.fao.org/home/ru>
2. Федеральная служба государственной статистики. *Официальный сайт*. Получено с: <https://rosstat.gov.ru/?ref=genderguides.ru>
3. Петрова, Ю. В., Любомирова, В. Н., & Либерман, А. А. (2020). Характеристика химического состава рыб. *Journal of Applied Microbiology*, 129(1), 116–136. <https://doi.org/10.1111/jam.14628>. EDN: <https://elibrary.ru/WIZXQM>
4. Robertson, P. A. W., O'Dowd, C., Burrells, C., Williams, P., & Austin, B. (2000). Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture*, 185(3–4), 235–243. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00349-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00349-X). EDN: <https://elibrary.ru/AFGRAB>
5. Loo, K. Y., et al. (2020). Incidence of antibiotic resistance in *Vibrio* spp. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2590–2608. <https://doi.org/10.1111/raq.12460>. EDN: <https://elibrary.ru/CSMTBP>
6. Simons, A., Alhanout, K., & Duval, R. E. (2020). Bacteriocins, antimicrobial peptides from bacteria origin: Overview of their biology and their implementation against multidrug-resistant bacteria. *Microorganisms*, 8(5), 639. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050639>. EDN: <https://elibrary.ru/JEJKWS>
7. Червоткина, Д. Р., & Борисова, А. В. (2022). Антимикробные препараты природного происхождения: обзор свойств и перспективы применения. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 12(2), 254–267. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-254-267>. EDN: <https://elibrary.ru/EKZZBE>

8. Чижаева, А. В., et al. (2021). Преимущества использования пробиотиков на основе молочнокислых бактерий в аквакультуре. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, (9), 12–16. Получено с: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13265>. EDN: <https://elibrary.ru/YRWNEC>
9. Боствироннуа, К., & Шлейфер, Д. (2020). Пробиотики работают даже в присутствии антибиотиков. *Комбикорма*, (1), 109–112. Получено с: https://kombi-korma.ru/sites/default/files/2/01_20/2020_01_109-112.pdf. EDN: <https://elibrary.ru/CCQTUE>
10. Nayak, A., et al. (2022). Potential application of bacteriocins for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, (14), 1234–1248. <https://doi.org/10.1111/raq.12647>. EDN: <https://elibrary.ru/XSLLWO>
11. Wei, Z., et al. (2021). A novel subtilin-like lantibiotics subtilin JS-4 produced by *Bacillus subtilis* JS-4, and its antibacterial mechanism against *Listeria monocytogenes*. *LWT*, (142), 110993. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110993>. EDN: <https://elibrary.ru/VQOPVO>
12. Knipe, H., et al. (2021). Probiotics and competitive exclusion of pathogens in shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 324–352. <https://doi.org/10.1111/raq.12477>. EDN: <https://elibrary.ru/SHNWRU>
13. Han, S. R. (2020). *Bacillus subtilis* inhibits viral hemorrhagic septicemia virus infection in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) intestinal epithelial cells. *Viruses*, 13(1), 28. <https://doi.org/10.3390/v13010028>. EDN: <https://elibrary.ru/FDQRZZ>
14. Ye, P. A., et al. (2021). Purification and characterization of a novel bacteriocin from *Lactobacillus paracasei* ZFM54. *LWT*, (143), 111125. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111125>. EDN: <https://elibrary.ru/CGGALN>
15. Fadare, O. S., et al. (2022). In vitro evaluation of the synbiotic effect of probiotic *Lactobacillus* strains and garlic extract against *Salmonella* species. *LWT*, (153), 112439. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112439>. EDN: <https://elibrary.ru/UHGKIR>
16. Nalle, R. P. I., et al. (2021). Effect of sanitizers and *Lactobacillus rhamnosus* R23 on the growth of *Salmonella* spp. in raw chicken fillets during temperature abuse storage. *Food Research*, (5), 250–258. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).029](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).029). EDN: <https://elibrary.ru/WBSETE>
17. Evangelista, A. G., et al. (2023). Bioprotective potential of lactic acid bacteria for *Salmonella* in vitro. *Veterinary Research Communications*, (47), 1357–1368. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10083-4>. EDN: <https://elibrary.ru/BKTUVH>
18. Twomey, et al. (2021). Recipe for success: Suggestions and recommendations for the isolation and characterisation of bacteriocins. *International Journal of Microbiology*, (19), 9990635. <https://doi.org/10.1155/2021/9990635>

19. Михайлов, В. В., Андриюков, Б. Г., & Ляпун, И. Н. (2019). Поиск и отбор бактериоцин-продуцирующих штаммов морских бактерий из экосистем акваторий Японского моря. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*, 37(4), 173–177. <https://doi.org/10.17116/molgen201937041173>. EDN: <https://elibrary.ru/ZEVASC>
20. Похиленко, В. Д., et al. (2022). Выделение и характеристика бактериоцина штамма *Bacillus subtilis*, изолированного из пассифлоры. *Бактериология*, 7(1), 9–17. <https://doi.org/10.20953/2500-1027-2022-1-9-17>. EDN: <https://elibrary.ru/WJHTEO>
21. Garmasheva, I. L., & Oleschenko, L. T. (2023). Screening of bacteriocin-producing dairy *Enterococcus* strains using low-cost culture media. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1168835>. EDN: <https://elibrary.ru/EHVVCT>
22. Furlaneto-Maia, L., et al. (2020). Antimicrobial activity of enterocins against *Listeria* sp. and other food spoilage bacteria. *Biotechnology*, (2), 797–806. <https://doi.org/10.1007/s10529-020-02810-7>. EDN: <https://elibrary.ru/CVOFEX>
23. Darbandi, A., et al. (2022). Bacteriocins: properties and potential use as antimicrobials. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36, e24093. <https://doi.org/10.1002/jcla.24093>. EDN: <https://elibrary.ru/WVQQDT>
24. Bússolo, T. B., et al. (2022). Soybean flour as a substrate to obtain *Enterococcus durans* bacteriocins. *Ciência e Agrotecnologia*, 46, e008022. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246008022>. EDN: <https://elibrary.ru/FTQBOU>
25. Ogundare, O. C., et al. (2021). Biopreservative application of bacteriocins obtained from samples *Ictalurus punctatus* and fermented *Zea mays* African. *African Journal of Microbiology Research*, 15(8), 408–419. <https://doi.org/10.5897/AJMR2017.8443>. EDN: <https://elibrary.ru/FSIGCX>
26. Parlindungan, E., Dekiwadia, C., & Jones, O. A. (2021). Factors that influence growth and bacteriocin production in *Lactiplantibacillus plantarum* B21. *Process Biochemistry*, 107, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.05.009>. EDN: <https://elibrary.ru/XOJESY>
27. Mercado, V., & Olmos, J. (2022). Bacteriocin production by *Bacillus* species: isolation, characterization, and application. *Probiotics & Antimicrobial Proteins*, 14, 1151–1169. <https://doi.org/10.1007/s12602-022-09966-w>. EDN: <https://elibrary.ru/WTDSGD>
28. Saidumohamed, B. E., et al. (2021). A magainin-2 like bacteriocin BpSI14 with anticancer action from gut *Bacillus safensis* SDG14. *Analytical Biochemistry*, 627(15), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2021.114261>. EDN: <https://elibrary.ru/LKMZVZ>

29. Xiang, Y. Z., et al. (2021). Purification and antibacterial properties of a novel bacteriocin against *Escherichia coli* from *Bacillus subtilis* isolated from blueberry ferments. *LWT*, 146, 111456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111456>. EDN: <https://elibrary.ru/KVAKSF>
30. Sugita, H., et al. (1998). Production of the antibacterial substance by *Bacillus* sp. strain NM 12, an intestinal bacterium of Japanese coastal fish. *Aquaculture*, 165(3–4), 269–280. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00267-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00267-1). EDN: <https://elibrary.ru/ABQOHB>
31. Carraturo, A., et al. (2006). Inhibition of *Vibrio parahaemolyticus* by a bacteriocin-like inhibitory substance (BLIS) produced by *Vibrio mediterranei* 1. *Journal of Applied Microbiology*, 101(1), 234–241. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02909.x>. EDN: <https://elibrary.ru/PWISGP>
32. Shao, Y., et al. (2021). Isolation and purification of a new *Bacillus subtilis* strain from deer dung with anti-microbial and anti-cancer activities. *Current Medical Science*, 41(4), 832–849. <https://doi.org/10.1007/s11596-021-2383-5>. EDN: <https://elibrary.ru/IJBFJK>
33. Rani, P., Singh, B., & Tiwari, S. K. (2025). Bacteriocin production by *Lactiplantibacillus plantarum* LD1 in solid-state fermentation using lignocellulosic substrates. *Fermentation*, 11(4), 233. <https://doi.org/10.3390/fermentation11040233>. EDN: <https://elibrary.ru/AAKPJG>
34. Dai, J., et al. (2022). Isolation and identification of new source of bacteriocin-producing *Lactobacillus plantarum* C010 and growth kinetics of its batch fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(67). <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03244-1>. EDN: <https://elibrary.ru/WSFSSJ>
35. Meskhi, B., et al. (2025). Early-maturity wheat as a highly valuable feed raw material with prebiotic activity. *Agriculture*, 15(3), 1–20. <https://doi.org/10.20944/preprints202501.1102.v1>. EDN: <https://elibrary.ru/XZYBFK>
36. Costa-Trigo, I., et al. (2021). Enhancing the saccharification of pretreated chestnut burrs to produce bacteriocins. *Journal of Biotechnology*, (329), 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.01.010>. EDN: <https://elibrary.ru/GWX-NCS>
37. Lamas, A., et al. (2021). An overview of *Salmonella* biofilms and the use of bacteriocins and bacteriophages as new control alternatives. B: *Salmonella spp.: A Global Challenge*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98208>
38. Агроинвестор. (2025). Сальмонеллёз промышленного масштаба. Какие риски несёт бактерия *Salmonella* для животноводческих предприятий и потребителей. Получено с: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/32350-salmonellez/> (дата обращения: 20.06.2025)

39. Патент № 2 772 351 С1 Российская Федерация, МПК С12N 1/20, А61К 35/74. *Способ выявления из естественных сред перспективных пробиотических штаммов* : № 2021127457 : заявл. 18.09.2021 : опубл. 19.05.2022 / А. Б. Брень, М. С. Мазанко, Е. В. Празднова [и др.] ; заявитель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет». EDN: <https://elibrary.ru/UQZSYO>

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Official website*. Retrieved from: <https://www.fao.org/home/ru>
2. Federal State Statistics Service. *Official website*. Retrieved from: <https://rosstat.gov.ru/?ref=genderguides.ru>
3. Petrova, Yu. V., Lyubomirova, V. N., & Liberman, A. A. (2020). Characterization of fish chemical composition. *Journal of Applied Microbiology*, 129(1), 116–136. <https://doi.org/10.1111/jam.14628>. EDN: <https://elibrary.ru/WIZXQM>
4. Robertson, P. A. W., O'Dowd, C., Burrells, C., Williams, P., & Austin, B. (2000). Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture*, 185(3–4), 235–243. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00349-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00349-X). EDN: <https://elibrary.ru/AFGRAB>
5. Loo, K. Y., et al. (2020). Incidence of antibiotic resistance in *Vibrio* spp. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2590–2608. <https://doi.org/10.1111/raq.12460>. EDN: <https://elibrary.ru/CSMTBP>
6. Simons, A., Alhanout, K., & Duval, R. E. (2020). Bacteriocins, antimicrobial peptides from bacteria origin: Overview of their biology and their implementation against multidrug resistant bacteria. *Microorganisms*, 8(5), 639. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050639>. EDN: <https://elibrary.ru/JEJKWS>
7. Chervotkina, D. R., & Borisova, A. V. (2022). Antimicrobial preparations of natural origin: Overview of properties and prospects for application. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 12(2), 254–267. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-254-267>. EDN: <https://elibrary.ru/EKZZBE>
8. Chizhaeva, A. V., et al. (2021). Advantages of using probiotics based on lactic acid bacteria in aquaculture. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, (9), 12–16. Retrieved from: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=13265>. EDN: <https://elibrary.ru/YRWNEC>
9. Bostvonnua, K., & Shleifer, D. (2020). Probiotics work even in the presence of antibiotics. *Compound Feeds*, (1), 109–112. Retrieved from: <https://kombi-kor->

- ma.ru/sites/default/files/2/01_20/2020_01_109-112.pdf. EDN: <https://elibrary.ru/CCQTUE>
10. Nayak, A., et al. (2022). Potential application of bacteriocins for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, (14), 1234–1248. <https://doi.org/10.1111/raq.12647>. EDN: <https://elibrary.ru/XSLLWO>
 11. Wei, Z., et al. (2021). A novel subtilin-like lantibiotics subtilin JS-4 produced by *Bacillus subtilis* JS-4, and its antibacterial mechanism against *Listeria monocytogenes*. *LWT*, (142), 110993. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110993>. EDN: <https://elibrary.ru/VQOPVO>
 12. Knipe, H., et al. (2021). Probiotics and competitive exclusion of pathogens in shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 324–352. <https://doi.org/10.1111/raq.12477>. EDN: <https://elibrary.ru/SHNWRU>
 13. Han, S. R. (2020). *Bacillus subtilis* inhibits viral hemorrhagic septicemia virus infection in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) intestinal epithelial cells. *Viruses*, 13(1), 28. <https://doi.org/10.3390/v13010028>. EDN: <https://elibrary.ru/FDQRZZ>
 14. Ye, P. A., et al. (2021). Purification and characterization of a novel bacteriocin from *Lactobacillus paracasei* ZFM54. *LWT*, (143), 111125. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111125>. EDN: <https://elibrary.ru/CGGALN>
 15. Fadare, O. S., et al. (2022). In vitro evaluation of the synbiotic effect of probiotic *Lactobacillus* strains and garlic extract against *Salmonella* species. *LWT*, (153), 112439. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112439>. EDN: <https://elibrary.ru/UHGKIR>
 16. Nalle, R. P. I., et al. (2021). Effect of sanitizers and *Lactobacillus rhamnosus* R23 on the growth of *Salmonella* spp. in raw chicken fillets during temperature abuse storage. *Food Research*, (5), 250–258. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).029](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).029). EDN: <https://elibrary.ru/WBSETE>
 17. Evangelista, A. G., et al. (2023). Bioprotective potential of lactic acid bacteria for *Salmonella* in vitro. *Veterinary Research Communications*, (47), 1357–1368. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10083-4>. EDN: <https://elibrary.ru/BKTUVH>
 18. Twomey, et al. (2021). Recipe for success: Suggestions and recommendations for the isolation and characterisation of bacteriocins. *International Journal of Microbiology*, (19), 9990635. <https://doi.org/10.1155/2021/9990635>
 19. Mikhailov, V. V., Andryukov, B. G., & Lyapun, I. N. (2019). Search and selection of bacteriocin-producing strains of marine bacteria from ecosystems of the Sea of Japan. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*, 37(4), 173–177. <https://doi.org/10.17116/molgen201937041173>. EDN: <https://elibrary.ru/ZEVASC>

20. Pokhilenko, V. D., et al. (2022). Isolation and characterization of bacteriocin strain *Bacillus subtilis*, isolated from passionflower. *Bacteriology*, 7(1), 9–17. <https://doi.org/10.20953/2500-1027-2022-1-9-17>. EDN: <https://elibrary.ru/WJHTEO>
21. Garmasheva, I. L., & Oleschenko, L. T. (2023). Screening of bacteriocin producing dairy *Enterococcus* strains using low-cost culture media. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1168835>. EDN: <https://elibrary.ru/EHVVCT>
22. Furlaneto Maia, L., et al. (2020). Antimicrobial activity of enterocins against *Listeria* sp. and other food spoilage bacteria. *Biotechnology*, (2), 797–806. <https://doi.org/10.1007/s10529-020-02810-7>. EDN: <https://elibrary.ru/CVOFEX>
23. Darbandi, A., et al. (2022). Bacteriocins: Properties and potential use as antimicrobials. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36, e24093. <https://doi.org/10.1002/jcla.24093>. EDN: <https://elibrary.ru/WVQQDT>
24. Bússolo, T. B., et al. (2022). Soybean flour as a substrate to obtain *Enterococcus durans* bacteriocins. *Ciência e Agrotecnologia*, 46, e008022. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202246008022>. EDN: <https://elibrary.ru/FTQBOU>
25. Ogundare, O. C., et al. (2021). Biopreservative application of bacteriocins obtained from samples *Ictalurus punctatus* and fermented *Zea mays* African. *African Journal of Microbiology Research*, 15(8), 408–419. <https://doi.org/10.5897/AJMR2017.8443>. EDN: <https://elibrary.ru/FSIGCX>
26. Parlindungan, E., Dekiwadia, C., & Jones, O. A. (2021). Factors that influence growth and bacteriocin production in *Lactiplantibacillus plantarum* B21. *Process Biochemistry*, 107, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.05.009>. EDN: <https://elibrary.ru/XOJESY>
27. Mercado, V., & Olmos, J. (2022). Bacteriocin production by *Bacillus* species: Isolation, characterization, and application. *Probiotics & Antimicrobial Proteins*, 14, 1151–1169. <https://doi.org/10.1007/s12602-022-09966-w>. EDN: <https://elibrary.ru/WTDSGD>
28. Saidumohamed, B. E., et al. (2021). A magainin-2-like bacteriocin BpSI14 with anticancer action from gut *Bacillus safensis* SDG14. *Analytical Biochemistry*, 627(15), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2021.114261>. EDN: <https://elibrary.ru/LKMZVZ>
29. Xiang, Y. Z., et al. (2021). Purification and antibacterial properties of a novel bacteriocin against *Escherichia coli* from *Bacillus subtilis* isolated from blueberry ferments. *LWT*, 146, 111456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111456>. EDN: <https://elibrary.ru/KVAKSF>

30. Sugita, H., et al. (1998). Production of the antibacterial substance by *Bacillus* sp. strain NM-12, an intestinal bacterium of Japanese coastal fish. *Aquaculture*, 165(3–4), 269–280. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00267-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00267-1). EDN: <https://elibrary.ru/ABQOHB>
31. Carraturo, A., et al. (2006). Inhibition of *Vibrio parahaemolyticus* by a bacteriocin like inhibitory substance (BLIS) produced by *Vibrio mediterranei* 1. *Journal of Applied Microbiology*, 101(1), 234–241. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02909.x>. EDN: <https://elibrary.ru/PWISGP>
32. Shao, Y., et al. (2021). Isolation and purification of a new *Bacillus subtilis* strain from deer dung with antimicrobial and anticancer activities. *Current Medical Science*, 41(4), 832–849. <https://doi.org/10.1007/s11596-021-2383-5>. EDN: <https://elibrary.ru/IJBFJK>
33. Rani, P., Singh, B., & Tiwari, S. K. (2025). Bacteriocin production by *Lactiplan-tibacillus plantarum* LD1 in solid state fermentation using lignocellulosic sub-strates. *Fermentation*, 11(4), 233. <https://doi.org/10.3390/fermentation11040233>. EDN: <https://elibrary.ru/AAKPJG>
34. Dai, J., et al. (2022). Isolation and identification of new source of bacteriocin producing *Lactobacillus plantarum* C010 and growth kinetics of its batch fer-mentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(67). <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03244-1>. EDN: <https://elibrary.ru/WSFSSJ>
35. Meskhi, B., et al. (2025). Early maturity wheat as a highly valuable feed raw ma-terial with prebiotic activity. *Agriculture*, 15(3), 1–20. <https://doi.org/10.20944/preprints202501.1102.v1>. EDN: <https://elibrary.ru/XZYBFK>
36. Costa Trigo, I., et al. (2021). Enhancing the saccharification of pretreated chestnut burrs to produce bacteriocins. *Journal of Biotechnology*, (329), 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.01.010>. EDN: <https://elibrary.ru/GWXNCS>
37. Lamas, A., et al. (2021). An overview of *Salmonella* biofilms and the use of bacteriocins and bacteriophages as new control alternatives. In *Salmonella spp.: A Global Challenge*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98208>
38. Agroinvestor. (2025). *Salmonellosis on an industrial scale: What risks does the Salmonella bacterium pose for livestock enterprises and consumers?* Retrieved from: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/32350-salmonellez/> (Ac-cessed: June 20, 2025)
39. Bren, A. B., Mazanko, M. S., Prazdnova, E. V., et al. (2022). *Method for identifying promising probiotic strains from natural environments* [Patent No. 2 772 351 C1 Russian Federation, IPC C12N 1/20, A61K 35/74]. Appli-cation No. 2021127457 (filed September 18, 2021); published May 19, 2022. Applicant: Don State Technical University (federal state budgetary educational institution of higher education). EDN: <https://elibrary.ru/UQZSYO>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Дмитриенко Татьяна Сергеевна, инженер лаборатории «Биохимический и спектральный анализ пищевых продуктов»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

*пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация
taniadmitrienko666@gmail.com*

Мальцева Татьяна Александровна, доцент кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», заведующий лабораторией «Биохимический и спектральный анализ пищевых продуктов»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

*пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация
tamaltseva.donstu@gmail.com*

Шевченко Виктория Николаевна, канд. биол. наук, заместитель декана факультета «Агропромышленный», старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Центр агробιοтехнологии»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

*пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация
vikakhorosheltseva@gmail.com*

Косолапова Екатерина Николаевна, ассистент кафедры «Техника и технологии пищевых производств»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

*пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация
rewarewarewak@mail.ru*

Старостин Дмитрий Владимирович, студент 3 года обучения

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

*пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, 344000, Российская Федерация
ddmiiir2004@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Tatiana S. Dmitrienko, Engineer of the Laboratory “Biochemical and Spectral Analysis of Food Products”

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

taniadmitrienko666@gmail.com

SPIN-code: 7273-2799

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0385-797X>

Tatiana A. Maltseva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department “Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products”, Head of the Laboratory “Biochemical and Spectral Analysis of Food Products”

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

tamaltseva.donstu@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3973-6846>

Scopus Author ID: 57219444434

Victoria N. Shevchenko, Candidate of Biological Sciences, Deputy Dean of the Faculty “Agribusiness”, Senior Researcher of the Research laboratory “Agrobiotechnology Center”

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

vikakhorosheltseva@gmail.com

SPIN-code: 8026-6860

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5001-4959>

Scopus Author ID: 1031771

Ekaterina N. Kosolapova, Assistant of the Department “Food Production Equipment and Technologies”

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

rewarewarewak@mail.ru

SPIN-code: 9207-7553

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4010-925X>

Dmitry V. Starostin, 3rd Year Student

Don State Technical University

1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

ddmmiitr2004@gmail.com

SPIN-code: 1277-5492

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2444-1720>

Поступила 08.07.2025

После рецензирования 29.08.2025

Принята 06.09.2025

Received 08.07.2025

Revised 29.08.2025

Accepted 06.09.2025