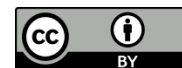


Обзорная статья

УДК 663.053: 664.8.035.7

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-254-267>



Антимикробные препараты природного происхождения: обзор свойств и перспективы применения

Дарья Романовна Червоткина, Анна Викторовна Борисова

Самарский государственный технический университет,
г. Самара, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Борисова Анна Викторовна, anna_borisova_63@mail.ru

Аннотация. В обзорной статье приведены данные по антимикробным добавкам, применяемым в пищевой промышленности для сохранения качества пищевых продуктов. Использование традиционных антимикробных добавок – консервантов искусственного происхождения (бензойной и сорбиновой кислот и их солей) – вызывает негативную реакцию у потребителей и приводит к постепенному вытеснению такой продукции с рынка. В то же время находят широкое применение антимикробные добавки натурального происхождения, изучению которых посвящены многие работы отечественных и зарубежных ученых. В статье рассмотрены основные представители антимикробных добавок животного, растительного и микробного происхождения. Основными представителями антимикробных препаратов животного происхождения являются ферменты лизоцим, лактопероксидаза, пептиды лактоферрин и плевроцидин, а также хитозан – производное хитина. Среди растительного мира антимикробным действием могут обладать как некоторые виды трав и специй в нативном и высушенном виде, так и отдельно извлеченные компоненты растений, проявляющие антимикробные и антиокислительные свойства. Например, к последним относятся эфирные масла, фенольные соединения, органические кислоты. Одним из перспективных и активно изучаемых классов антимикробных препаратов являются препараты микробного происхождения, в частности бактериоцины. Они представляют собой синтезируемые на рибосомах более мелкие полипептидные молекулы, проявляющие антагонистическую активность в отношении близкородственных групп бактерий. Бактериоцины (низин, натамицин, педиоцин, энтероцин, плантарицин) могут обладать бактерицидным действием, но не имеют терапевтического значения и не оказывают отрицательное воздействие на кишечную микрофлору человека, чем отличаются от антибиотиков. Подробное рассмотрение свойств указанных препаратов в статье позволило сделать вывод, что включение таких добавок как в состав продукта, так и в состав активных упаковок имеет широкие перспективы в современной биотехнологии.

Ключевые слова: активная упаковка, лизоцим, хитозан, эфирные масла, фенольные соединения, бактериоцины

Для цитирования: Червоткина Д. Р., Борисова А. В. Антимикробные препараты природного происхождения: обзор свойств и перспективы применения // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12. N 2. С. 254–267. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-254-267>.

PHYSICOCHEMICAL BIOLOGY

Review article

Antimicrobial substances of natural origin: a review of properties and prospects

Darya R. Chervotkina, Anna V. Borisova

Samara State Technical University,
Samara, Russian Federation

Corresponding author: Anna V. Borisova, anna_borisova_63@mail.ru

Abstract. This article reviews data on antimicrobial additives used in the food industry for preserving the quality of food products. The use of conventional antimicrobial additives, including artificial preservatives (benzoic and sorbic acids and their salts), causes a negative response among consumers. As a result, such products are gradually disappearing from the market. At the same time, antimicrobial additives of natural

origin are gaining in popularity, increasingly attracting the attention of both Russian and foreign researchers. In this article, the main antimicrobial additives of animal, vegetable and microbial origin are considered. Antimicrobial additives of animal origin are represented by lysozyme and lactoperoxidase enzymes, lactoferrin and pleurocidin peptides, as well as by chitosan, a derivative of chitin. Plant substances that exhibit antimicrobial and antioxidant properties include herbs and spices, both in native and dried form, as well as separately extracted plant components, such as essential oils, phenolic compounds and organic acids. Substances of microbial origin, in particular bacteriocins, comprise another promising class of antimicrobial additives. These forms represent smaller polypeptide molecules synthesized on ribosomes, which exhibit antagonistic activity against closely related groups of bacteria. Bacteriocins, such as nisin, natamycin, pediocin, enterocin and plantaricin, may exhibit bactericidal properties, at the same time as having little therapeutic value and no negative effect on the human intestinal microflora. This makes them different from antibiotic preparations. The conducted review confirms the prospects of using the considered additives in the composition of both food products and active packaging systems.

Keywords: active packaging, lysozyme, chitosan, essential oils, phenolic compounds, bacteriocins

For citation: Chervotkina D. R., Borisova A. V. Antimicrobial substances of natural origin: a review of properties and prospects. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2022;12(2):254-267. (In Russian). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2022-12-2-254-267>.

ВВЕДЕНИЕ

Пищевые добавки представляют собой вещества, которые добавляют в потребляемые продукты с целью улучшения и поддержания вкуса, текстуры и внешнего вида [1]. Люди с давних пор используют их для увеличения сроков хранения продуктов питания.

Одними из наиболее популярных пищевых добавок являются консерванты. Они предназначены для предотвращения гниения и бактериального загрязнения скоропортящихся пищевых продуктов [2]. В роли консервантов могут выступать различные химические соединения, в том числе многочисленные соли и органические кислоты (пропионаты, бензоаты, сульфиты, нитриты, хлориды, лимонная, винная кислоты) [3]. Однако все больше потребителей осознает потенциальное негативное воздействие химических консервантов на здоровье, что побуждает пищевую промышленность искать замену в качестве натуральных добавок [3, 4]. Так, пропионовая и бензойная кислоты, бензоат натрия, нитрат калия вызывают аллергические реакции; сорбиновая кислота приводит к расщеплению витамина В₁₂. Эти консерванты постепенно накапливаются в организме человека, что в дальнейшем приводит к возникновению заболевания [5].

Примерами природных соединений, обладающих консервирующими антимикробными свойствами, могут служить лизоцим, обнаруженный в яичном белке; полифенолы, полученные из растений; лактопероксидаза, содержащаяся в молоке; хитозан, извлеченный из панцирей креветок; бактериоцины, содержащиеся в молочнокислых бактериях [3] и др.

Природные антимикробные соединения продлевают срок годности пищевых продуктов, подавляя рост микробных клеток или убивая их. Использование природных антимикробных препаратов в качестве пищевых консервантов может помочь избежать чрезмерной физической обработки пи-

щевых продуктов для обеспечения микробной безопасности, которая часто изменяет органолептические свойства пищевых продуктов. Поскольку многие из этих соединений безопасны для употребления, их применение в пищевых продуктах в качестве натуральных консервантов может быть предпочтительным вариантом для многих производителей пищевых продуктов [6].

Кроме того, набирает популярность так называемая «активная» упаковка, препятствующая негативному воздействию микроорганизмов, развивающихся на поверхности пищевых продуктов. Изучению таких упаковок посвящено множество работ разных авторов [7–11].

Целью данной обзорной статьи является анализ существующих натуральных антимикробных препаратов и их влияния на продукты питания.

АНТИМИКРОБНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Лизоцим. Представляет собой фермент, катализирующий гидролиз пептидогликана в клеточных стенках бактерий [12]. Его получают из куриного яичного белка, который ингибирует рост спор *Clostridium tyrobutyricum* в полутвердых сырах [13]. Молекула лизоцима играет важную роль в защите яйцеклетки и обладает ингибирующей активностью в отношении бактерий, вирусов и простейших [3].

Этот фермент находит применение в молочных продуктах, сырах, мясе, рыбе, алкогольных напитках, фруктовых соках [14]. Он более эффективен против грамположительных бактерий, так как количество пептидогликана в них составляет около 90% от сухого вещества клеточной стенки. У грамотрицательных бактерий пониженное содержание пептидогликана (5–10%), кроме того, имеется достаточное количество липополисахаридов и фосфолипидов, что создает эффективный барьер против лизоцима [3].

Лизоцим был предложен в качестве альтер-

нативы использования диоксида серы для борьбы с размножением молочнокислых бактерий в красном и белом вине. Однако несмотря на то, что лизоцим является натуральной добавкой, были зафиксированы случаи аллергии на этот фермент [14].

Хитозан. Является производным хитина – основного компонента клеточных стенок грибов. Содержится в скелете ракообразных и моллюсков [15].

Химическая модификация сульфонатной группой улучшает растворимость хитозана и придает ему избирательную антигрибковую активность в отношении *Penicillium sp.*, *Botrytis cinerea* и *Aspergillus sacchari*. Сообщается о возможности применения хитозана в качестве противомикробного консерванта для плодов черники, подверженных весьма быстрому гниению, вызванному данными бактериями [16].

Анджела Кэ Т. Чанг с соавторами [15] отмечают высокую эффективность хитозана против *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Их исследования показали, что экстрагированный хитозан проявляет даже большую активность против микроорганизмов, чем хитозан, используемый в промышленности.

Доказана эффективность пленок из хитозана для покрытия бананов. Консервант значительно замедлил потерю бананами витамина С, а также способствовал увеличению сроков хранения продукта [17].

Лактоферрин. Является одним из самых важных железосвязывающих белков молока. Проявляет антимикробную активность в отношении большого количества разнообразных микроорганизмов. Выявлено, что лактоферрин обладает бактериостатическими свойствами против грамотрицательных бактерий, требующих высокого содержания железа, таких как колиформы, а также действует против бактерий рода *Bacillus*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *Streptococcus mutans*, *Listeria monocytogenes* [18–20].

Антимикробный агент находит применение в мясной промышленности, был одобрен для применения в говядине в США [13]. Антимикробная активность лактоферрина объясняется тем, что он прочно связывается с железом и становится недоступным для микробного роста [3].

Лактопероксидаза. Представляет собой фермент, обладающий противомикробным действием широкого спектра против патогенных микроорганизмов. Она является частью лактопероксидазной системы и широко применяется в пищевой промышленности в качестве добавки к сливкам, мороженому, сырам, детскому питанию [3, 21].

Группой исследователей была протестирована лактопероксидазная система (ЛПС) в сочетании с альгинатными пленками. Фермент в сочетании с пленками проявлял стабильность и активность, действуя в широком диапазоне температур и pH. Были установлены эффективные

концентрации ЛПС и выявлен хороший потенциал для применения в пищевых продуктах [22].

Интересное исследование было проведено французскими учеными. Манго обрабатывали 3-мя концентрациями хитозана с содержанием или без содержания лактопероксидазы. Покрытия с включением ЛПС эффективно ингибировали размножение грибов, а также замедляли созревание манго. На цвет кожуры фрукта лактопероксидаза не повлияла [23].

Плевроцидин. Это пептид, состоящий из 25 аминокислот и выделенный из слизистой оболочки зимней камбалы. Он активен в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий; солеустойчив, термостабилен и нечувствителен к физиологическим концентрациям кальция и магния. Эффективен против *Vibrio parahemolyticus*, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *Penicillium expansum*. Является хорошей альтернативой химикатам, однако ингибируется кальцием и магнием, что может ограничивать его использование [13, 24].

Сяюань Ванг и др. протестировали эффективность плевроцидина, входящего в состав нановолокна из поливинилового спирта. Плевроцидин в составе нановолокна продемонстрировал более высокую активность ингибирования в отношении *E. coli*, чем свободный плевроцидин. Более того, он был успешно применен в яблочном сидре, что показало возможность его использования в пищевых продуктах [25].

АНТИМИКРОБНЫЕ ПРЕПАРАТЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Эфирные масла (ЭМ). Представляют собой жидкие смеси летучих соединений, получаемых из ароматических растений, чаще всего путем перегонки с водяным паром. Антиоксидантные свойства играют ключевую роль в биологической активности некоторых ЭМ [26].

ЭМ обогащены терпенами. К терпенам относятся линалоол, эвгенол, тимол, карвон, карвакрол, цитраль, лимонен и их предшественники, а также многие другие вещества, обладающие противомикробными свойствами в отношении широкого спектра микроорганизмов, включая бактерии и грибы [3].

Анжелика Клавихо-Ромеро с соавторами изучали антимикробную активность эмульсий ЭМ эвкалипта. Исследование длилось 28 дней, в течение которых было проанализировано 16 эмульсий с различными концентрациями масла. Последние 3 состава (14, 15 и 16) проявили самую высокую бактерицидную активность по отношению к *E. coli*, *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, действуя менее чем за 1 мин [27].

Другие исследования показали, что ЭМ розмарина, используемое вместо нитритов, оказало хорошее консервирующее действие на качество колбасных изделий, при этом значительно не

изменяя органолептических свойств продукта [28], а ЭМ чайного дерева оказалось эффективным для ингибирования *L. monocytogenes* в говяжьем фарше [29].

Цзин Ху и др. в своей работе говорят о быстрой порче и легком окислении основных компонентов ЭМ под действием кислорода, света и тепла. Во избежание таких эффектов исследователями были приготовлены нанокапсулы ЭМ корицы, тимьяна и имбиря с хитозаном в качестве стенки. Полученные нанокапсулы, благодаря сочетанию ЭМ и хитозана, продемонстрировали длительную антибактериальную активность в отношении *E. coli*, *B. subtilis* и *S. aureus* [30].

ЭМ лаванды также является противомикробным средством, однако его использование в пищевых продуктах ограничено вследствие плохой растворимости в воде и высокой летучести. Китайские ученые совместили ЭМ лаванды с циклодекстрином и изучили физико-химические свойства полученного комплекса. За счет применения циклодекстрина антимикробная активность ЭМ лаванды возросла в 3 раза [31].

Группа исследователей изучала антимикробную активность 27 ЭМ, среди которых корица, шалфей, кедр, сосна, мускатный орех, кипарис, мята полевая и др., используемых против штаммов *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*. Единственным видом, не проявившим антимикробной активности, оказался кипарисовик. Против грамотрицательных штаммов наибольшую активность проявило ЭМ гвоздики, а против штаммов *S. aureus* – масло черного перца [32].

Фенольные соединения. Наряду с ЭМ являются хорошими антимикробными средствами.

Было выявлено, что большое количество фенольных соединений (фенолов, флавоноидов, антоцианидинов) содержится в спиртовых экстрактах гибискуса. И. Боррас-Линарес и др. протестировали 25 сортов гибискуса и выявили, что фенольные вещества в их составе эффективны в большей степени против грамположительных бактерий *S. aureus* и *Micrococcus luteus* и в меньшей степени против *E. coli* и *Salmonella enterica* [33].

Одной из групп полифенолов являются фенолокислоты (например, коричная). Испанские ученые изучали свойства крахмальных пленок с добавлением коричной и феруловой кислот. Вследствие введения фенольных кислот пленки стали менее растворимыми в воде и менее прочными, однако содержание 2% какой-либо кислоты в пленке эффективно ингибировало рост *E. coli* и *Listeria innocua*. Коричная кислота оказалась эффективнее феруловой, а *L. innocua* более чувствительна, чем *E. coli* [34]. Коричная и хлорогеновая кислоты проявляют антибактериальные свойства путем разрушения мембраны, воздействуя таким образом на *Alicyclobacillus acidoterrestris*. Поэтому их можно применять в

производстве фруктовых соков и напитков [35].

Полифенолы чая, особенно катехины, – мощные противомикробные средства. Это наиболее важные компоненты листьев чая. Группой исследователей было изучено 13 различных чайных настоев. Лучшие результаты показали зеленый и белый чай, наибольшая антимикробная активность зафиксирована у неферментированного чая [36].

Органические кислоты. Это природные вещества, содержащиеся в различных фруктах и ферментированных продуктах, проявляющих антимикробную активность в отношении пищевых патогенов [37]. К ним относятся уксусная, лимонная, яблочная, молочная и другие кислоты.

С. А. Ким и М. С. Ри изучали бактерицидное действие лимонной и каприловой кислот на вирулентный патоген *E. coli* O157:H7 и эндогенную микрофлору в непастеризованном свежем морковном соке. Морковный сок обрабатывали либо каприловой, либо лимонной кислотой, либо их смесью при температуре 45–50 °С. Обработка смесью кислот в течение 5 мин значительно снижала содержание патогенной микрофлоры в соке, в то время как кислоты по отдельности такого эффекта не оказывали. Более продолжительная комбинированная обработка полностью уничтожила бактерии, а также усилила цвет морковного сока, что является одним из показателей его качества [38].

Е-Вон Ин и др. исследовали антимикробную активность уксусной, лимонной и молочной кислот в отношении шигелл 4-х видов: *Shigella sonnei*, *Shigella flexneri*, *Shigella boydii* и *Shigella dysenteriae*. Молочная кислота (0,5%) ингибировала рост всех видов шигелл. Лимонная кислота слабо влияла на *S. flexneri*, но сильнее всех ингибировала рост *S. dysenteriae*. Уксусная же кислота проявила самую слабую активность в отношении бактерий, однако дала самые высокие показатели поврежденных клеток [37].

Еще одна работа была посвящена оценке противомикробного действия солей сорбиновой и бензойной кислот и их наноразмерных солюбилизаторов в отношении *S. aureus*, *Pseudomonas fluorescens* и микробиоты, выделенной из куриного филе. Были показаны хорошая антимикробная активность против куриной микробиоты, а также значительно лучшее ингибирование бактерий наносолюбилизаторами кислот, чем их нenanоразмерными эквивалентами [39]. Кроме того, сорбиновая кислота является эффективным антибактериальным агентом в сочетании с хитозаном. На их основе были приготовлены микрокапсулы, которые впоследствии использовались для получения противомикробной пленки. Такая пленка проявляет высокую активность против *S. enteritidis* и *E. coli*, а также способна увеличить срок хранения рыбного филе на 4 дня при температуре 4 °С [40].

Травы и специи. Филипп Линс в своей работе изучал антимикробную активность таких специй, как душистый и черный перец, базилик, корица, мускатный орех, орегано, паприка/чили, петрушка и тимьян в отношении *Salmonella oranienburg*. Все образцы были высушены, тщательно измельчены и обработаны паром для улучшения микробиологического статуса приправ. Выживаемость сальмонеллы в образцах сухих трав отслеживалась в течение года. Было установлено, что бактерии более восприимчивы к пряностям, чем к травам, а орегано и корица полностью ингибируют *S. oranienburg* [41].

Имеются также сведения об антибактериальном действии некоторых дикорастущих растений. Были оценены растения Мексики, Пакистана и Египта, а также установлены виды бактерий, ингибируемых ими. Так, многие растения северо-запада Мексики эффективны против *Helicobacter pylori*, вызывающей различные заболевания желудка, метанольные экстракты растений Пакистана проявляют ингибирующее действие в отношении *E. coli*, *Salmonella typhi*, *Streptococcus pneumoniae* и *Proteus vulgaris*, а растения Египта обладают антимикробной активностью в отношении *E. coli*, *S. enterica*, *Yersinia enterocolitica*, *Bacillus thuringiensis*, *L. monocytogenes* и *S. aureus* [42–44].

АНТИМИКРОБНЫЕ ПРЕПАРАТЫ МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Бактериоцины. Представляют собой синтезируемые на рибосомах более мелкие полипептидные молекулы, проявляющие антагонистическую активность в отношении близкородственных групп бактерий [45]. Могут быть отнесены к антибиотикам из-за их бактерицидного действия. Однако продуцентами бактериоцинов являются бактерии, а не актиномицеты или грибы, как в случае антибиотиков. Бактериоцины – продукты первичного обмена, синтезируемые в периодической культуре на логарифмической стадии развития, тогда как антибиотики – это продукты вторичного обмена, образующиеся на стадиях конца стационарной фазы и фазы отмирания. Кроме того, бактериоцины не имеют терапевтического значения и не оказывают отрицательное воздействие на кишечную микрофлору человека. Основное же различие заключается в активности ингибирования специфических микроорганизмов. Бактериоцины ограничивают свою активность штаммами родственных видов, в то время как антибиотики обладают более широким спектром действия и не проявляют преимущественное воздействие на близкородственные штаммы [46, 47].

Низин – наиболее популярный бактериоцин, рекомендованный во всем мире в качестве пищевой добавки, имеет статус GRAS. Представляет собой антимикробный пептид, естественным образом синтезируемый *Lactococcus lactis* [3]. Проявляет

антимикробную активность в отношении широкого спектра грамположительных бактерий и оказывается особенно эффективным против спор. Однако неэффективен против плесени, дрожжей и грамотрицательных бактерий, поэтому его целесообразно использовать совместно с консервантами на основе сорбиновой кислоты [48].

Так, низин и сорбат калия в качестве консервантов используются в самых разных мясных продуктах. Группой ученых было исследовано влияние этих добавок на липидные качества овечьего мяса. Было подтверждено, что низин является лучшим консервантом для продления срока годности овечьего мяса, а также снижает потери его питательных веществ [49].

Низин способен контролировать рост бактерий рода *Clostridium* в сыре Чеддер. Через 4 недели хранения сыра и его обработки низином численность бактерий рода *Clostridium* заметно снижается, а бактерии рода *Pediococcus* являются доминирующими [50].

Можно эффективно использовать низин в пивоварении. Он не оказывает отрицательного воздействия на бродильную активность пивоваренных дрожжей, а также вкус, аромат, внешний вид и физическую стабильность пива. Добавление низина в процессе пивоварения позволяет снизить температуру пастеризации и таким образом экономить энергию, уменьшить отрицательное воздействие высоких температур на органолептические показатели пива [46].

Натамицин – фунгицидный противогрибковый препарат, синтезируемый бактериями *Streptomyces natalensis* и *Streptomyces chatanoogen* путем ферментации на углеводных средах. Его концентрируют, кристаллизуют, высушивают и смешивают с лактозой в соотношении 1:1. Консервант активен в отношении большинства патогенных дрожжеподобных грибов (особенно *Candida albicans*), дрожжей (*Torulopsis* и *Rhodotorula*) и других патогенных грибов (*Aspergillus*, *Penicillium*) [48].

Натамицин широко используется в разных странах в качестве пищевой добавки для предотвращения роста плесени и дрожжей на сырах и колбасах. Низкая растворимость позволяет ему достаточно долго находиться на поверхности пищевого продукта. Он также является эффективным антимикробным агентом в составе пленок. Так, биополимеры, содержащие натамицин, ингибируют рост *A. niger* в сыре Кашар, а потому могут использоваться для предотвращения и контроля плесени на молочных продуктах [51].

Известно, что дрожжи негативно влияют на фруктовые соки. В настоящее время является актуальным поиск натуральных консервантов в этой отрасли для увеличения сроков годности готовых продуктов. Не так давно изучалась антидрожжевая активность натамицина в яблочном соке. Было выявлено, что препарат оказывает

заметное воздействие на дрожжи *Zygosaccharomyces bailii*, а также повышает антиоксидантную активность яблочного сока при хранении [52].

Эффективным является сочетание натамицина и низина для увеличения срока годности безалкогольных напитков. Группой ученых было изучено их влияние на сохраняемость напитков со вкусом лимона. Исследования показали, что такая комбинация консервантов может снизить образование бензола, выделяемого бензоатами и сорбатами, и ингибирует рост культур *Lactobacillus plantarum* и *Z. bailii* в напитках. Натамицин и низин не изменяют органолептических и микробиологических свойств готовой продукции и служат альтернативой использования бензойной и сорбиновой кислот [53].

Педиоцин – белковый антимикробный препарат, продуцируемый бактериями рода *Pediococcus*. Известен в первую очередь своей способностью подавлять рост бактерий рода *Listeria*, в том числе патогенных штаммов, вызывающих тяжелые пищевые инфекции [54].

М. Серузо и др. изучали антилистерическую активность термофилина 110, также относящегося к бактериоцинам, и педиоцина в ферментированном молоке. Исследования показали, что высокие концентрации термофилина подавляют рост *L. monocytogenes* на срок до 22 ч, а комплексное применение термофилина и педиоцина значительно снижает количество клеток бактерий. Таким образом, была продемонстрирована перспективность использования данных препаратов для предотвращения заражения молочных продуктов листериями [55].

Педиоцин – эффективный агент в составе антимикробных упаковок. Еще в 2009 году было установлено, что пленки с 25 и 50%-м содержанием педиоцина эффективно ингибируют рост *L. innocua* и оказывают небольшое воздействие на *Salmonella sp.* на ломтиках ветчины [56].

Все большим спросом у потребителей пользуется технология су-вид (варка продуктов в вакууме при низких температурах). Однако существуют определенные микробиологические риски, связанные с этой технологией. Исследователями одного из испанских университетов была изучена проблема загрязнения грибов и салата из моллюсков, приготовленных методом су-вид, спорами бактерий рода *Bacillus*. Ее решением стало комплексное применение бактериоцинов – педиоцина и низина. Педиоцин был более эффективен против *B. licheniformis*, а низин – против *B. subtilis*. Вегетативные клетки бактерий не были обнаружены в еде, обработанной бактериоцинами, даже спустя 90 дней [57].

В то время как низин можно применять в пивоварении, педиоцин можно использовать в виноделии. Группой исследователей были определены ингибирующие концентрации для педиоцина в отношении молочнокислых бактерий. Дан-

ный бактериоцин эффективен как в сочетании с диоксидом серы и этанолом, так и без них [58].

Энтероцин – бактериоцин, синтезируемый бактериями рода *Enterococcus*. Являясь продуктом молочнокислых бактерий, может быть интересен в качестве защитных культур для производства сыра, поскольку проявляет ингибирующую активность в отношении *Listeria* и *Clostridium*. А применение энтероцина в сочетании с низином и педиоцином оказывает большой антибактериальный эффект на *Enterococcus faecium* [59].

Энтероцин может использоваться для обеззараживания поверхности фруктов и ягод, а также в качестве консерванта в овощных и фруктовых соках. Обработка энтероцином значительно, а иногда и полностью ингибирует рост *L. Monocytogenes* в клубнике, малине, ежевике и землянике и уменьшает количество жизнеспособных организмов в дыне, арбузе, груше и киви. Однако антибактериальный эффект во многом зависит от температуры хранения. В овощных соках из капусты, салата, сельдерея, фасоли энтероцин очень стабилен в течение первых суток. В свежеприготовленных соках из апельсина, яблока, грейпфрута, груши, ананаса и киви бактериоцин проявляет активность до 30 дней, а в магазинных соках – до 120 дней. Кроме того, энтероцин оказывает большое влияние на *Alicyclobacillus acidoterrestris* – бактерию, вызывающую порчу фруктовых соков [60–62].

Плантарицин – антимикробный препарат, продуцируемый *Lactobacillus plantarum*. Он ингибирует рост многих грамположительных и грамотрицательных бактерий, в частности *Enterococcus mundtii*, поэтому может быть эффективным компонентом закваски для кефира [63].

В Пекине были проведены исследования ингибирующей активности плантарицина в отношении *L. monocytogenes* в вареной ветчине. Было выявлено, что бактериоцин в сочетании с тепловой обработкой заметно уменьшает число жизнеспособных бактерий, а комплексное использование плантарицина, тепловой обработки и нитрита натрия оказывает наибольший антибактериальный эффект на продукт [64].

Реутерин – β-гидроксипропионовый альдегид. Представляет собой молекулу небольших размеров, обладающую уникальными противомикробными свойствами, провоцирующую окислительный стресс в определенных микроорганизмах. Реутерин способен ингибировать рост *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* и *H. pylori*, а также ряда грибов [65].

В сочетании с глицерином реутерин является эффективным антимикробным агентом в сырах. Так, группа исследователей оценивала ингибирующую активность реутерина против *L. Monocytogenes* и *E. coli O157:H7* в полутвердом сыре. Количество колиформов в сыре уменьшилось в

первый же день использования консерванта [66]. Также была установлена концентрация реутерина, необходимая для контроля роста патогенных микроорганизмов, потенциально присутствующих во время производства и созревания сыра, при которой не образовывались соединения, изменяющие цвет продукта. Первоначально сыр за счет присутствия глицерина приобретал розоватый оттенок [67]. Применение *Lactobacillus reuteri*, продуцирующих реутерин, не оказывает заметного влияния на органолептические характеристики сыра. Общий запах и аромат сыра остаются прежними, но тем не менее значительно снижаются показатели запаха. Сырный аромат преобладает над молочным, йогуртовым [68].

Реутерин может использоваться для повышения безопасности и продления срока годности слабоконсервированных морепродуктов, например, копченого лосося, так как при умеренной или высокой температуре он снижает рост *L. Monocytogenes* [69]. Кроме того, он оказывает большое воздействие на дрожжи и плесень, в связи с чем находит применение в биоконсервации йогурта [70].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, представленная в обзорной статье информация позволяет сделать вывод, что в настоящее время изучено немало натуральных антимикробных препаратов, многие из которых могут составить конкуренцию химическим консервантам. Такие добавки практически не оказывают вредного воздействия на здоровье человека. Часть из них уже находит применение в пищевой промышленности, другие пока лишь готовятся к внедрению в некоторые производства.

Интерес людей к использованию натуральных консервантов неустанно растет. Проводятся новые исследования, изучаются новые и совершенствуются старые методики внесения антимикробных препаратов в продукты питания. Применяются новейшие технологии, такие как нанокапсулирование, для обеспечения более качественного ингибирующего эффекта природных добавок. Поэтому не исключено, что в ближайшем будущем натуральные антимикробные препараты смогут эффективно заменить химические.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Юркова А. А. Пищевые добавки в составе популярных продуктов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. Т. 56. N 5-1. С. 91–94. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-5-1-91-94>.
2. Esimbekova E. N., Asanova A. A., Deeva A. A., Kratasyuk V. A. Inhibition effect of food preservatives on endoproteinases // Food Chemistry. 2017. Vol. 235. P. 294–297. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.05.059>.
3. Bensid A., El Abed N., Houicher A., Regenstein J. M., Özogul F. Antioxidant and antimicrobial preservatives: Properties, mechanism of action and applications in food – a review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020. Vol. 62, no. 11. P. 2985–3001. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1862046>.
4. Mei J., Ma X., Xie J. Review on natural preservatives for extending fish shelf life // Foods. 2019. Vol. 8, no. 10. P. 490. <https://doi.org/10.3390/FOODS8100490>.
5. Аскаров И. Р., Холматова М. М. Химический состав консервантов в рыбных консервах и их влияние на организм // Universum: химия и биология. 2021. N 12. С. 58–60. <https://doi.org/10.32743/Unichem.2021.90.12.12584>.
6. Juneja V. K., Dwivedi H. P., Yan X. Novel natural food antimicrobials // Annual Review of Food Science and Technology. 2012. Vol. 3, no. 1. P. 381–403. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-FOOD-022811-101241>.
7. Кирш И. А., Фролова Ю. В., Мяленко Д. М. Упаковочные материалы для пищевой продукции с антимикробным компонентом природного происхождения // Пищевая промышленность. 2018. N 1. С. 24–25.
8. Тверитникова И. С., Кирш И. А., Банникова О. А., Безнаева О. В., Романова В. А., Кондратова Т. А. [и др.]. Исследование многослойных полимерных пленок, модифицированных антимикробным компонентом, предназначенных для упаковки молочных продуктов // Пищевая промышленность. 2020. N 12. С. 66–69. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10146>.
9. Кузьмич В. В., Козлов Н. Г., Карпунин И. И., Балабанова О. В. Экспериментальные исследования по определению состава полимерных упаковочных материалов с биоцидными добавками // Наука и техника. 2019. Т. 18. N 5. С. 409–415. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-5-409-415>.
10. Ногина А. А., Тихонов С. Л., Тихонова Л. В. Разработка и исследование влияния биоразлагаемых пленок на показатели свежести мясных полуфабрикатов // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 49. N 4. С. 73–78. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-73-78>.
11. Родионов Г. В., Олесюк А. П., Колтинова Е. Я., Егоров В. В., Малофеева Н. А., Ощепков М. С. Полиэтиленовая упаковка с микрочастицами серебра и цинка, и ее влияние на качество молока // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2021. Т. 64. N 3. С. 82–91. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20216403.6295>.
12. Branen J. K., Davidson P. M. Enhancement of nisin, lysozyme, and monolaurin antimicrobial activities by ethylenediaminetetraacetic acid and lactoferrin // International Journal of Food Microbiology. 2004. Vol. 90, no. 1. P. 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.001>.

10.1016/S0168-1605(03)00172-7.

13. Tiwari B. K., Valdramidis V. P., O'Donnell C. P., Muthukumarappan K., Bourk P., Cullen P. J. Application of natural antimicrobials for food preservation // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. Vol. 57, no. 14. P. 5987–6000. <https://doi.org/10.1021/JF900668N>.

14. Liburdi K., Benucci I., Esti M. Lysozyme in wine: an overview of current and future applications // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. Vol. 13, no. 5. P. 1062–1073. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12102>.

15. Chang A. K. T., Frias R. R., Alvarez L. V., Bigol U. G., Guzman J. P. M. D. Comparative antibacterial activity of commercial chitosan and chitosan extracted from *Auricularia sp.* // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019. Vol. 17. P. 189–195. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2018.11.016>.

16. Liu Y., Sun Z., Xiu L., Huang J., Zhou F. Selective antifungal activity of chitosan and sulfonated chitosan against postharvest fungus isolated from blueberry // *Journal of Food Biochemistry*. 2018. Vol. 42, no. 6. <https://doi.org/10.1111/JFBC.12658>.

17. Kritchenkov A. S., Egorov A. R., Volkova O. V., Zabodalova L. A., Suchkova E. P., Yagafarov N. Z., et al. Active antibacterial food coatings based on blends of succinyl chitosan and triazole betaine chitosan derivatives // *Food Packaging and Shelf Life*. 2020. Vol. 25. P. 100534. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2020.100534>.

18. Niaz B., Saeed F., Ahmed A., Imran M., Maan A. A., Khan M. K. I., et al. Lactoferrin (LF): a natural antimicrobial protein // *International Journal of Food Properties*. 2019. Vol. 22, no. 1. P. 1626–1641. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1666137>.

19. Conesa C., Rota M. C., Pérez M.-D., Calvo M., Sánchez L. Antimicrobial activity of recombinant human lactoferrin from *Aspergillus awamori*, human milk lactoferrin and their hydrolysates // *European Food Research and Technology*. 2008. Vol. 228, no. 2. P. 205–211. <https://doi.org/10.1007/S00217-008-0924-9>.

20. Zhang Y., Lu C., Zhang J. Lactoferrin and its detection methods: a review // *Nutrients*. 2021. Vol. 13, no. 8. P. 2492. <https://doi.org/10.3390/NU13082492>.

21. Boroujeni M. B., Nayeri H. Stabilization of bovine lactoperoxidase in the presence of ectoine // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 265. P. 208–215. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.05.067>.

22. Yener F. Y. G., Korel F., Yemenicioğlu A. Antimicrobial activity of lactoperoxidase system incorporated into cross-linked alginate films // *Journal of Food Science*. 2009. Vol. 74, no. 2. P. 73–79. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2009.01057.X>.

23. Cissé M., Polidori J., Montet D., Loiseau G., Ducamp-Collin M. N. Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings // *Postharvest Biology and Technology*. 2015. Vol. 101. P. 10–14. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2014.11.003>.

24. Burrowes O. J., Hadjicharalambous C., Di-

amond G., Lee T.-C. Evaluation of antimicrobial spectrum and cytotoxic activity of pleurocidin for food applications // *Journal of Food Science*. 2004. Vol. 69, no. 3. P. 66–71. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2004.TB13373.X>.

25. Wang X., Yue T., Lee T. Development of Pleurocidin-poly(vinyl alcohol) electrospun antimicrobial nanofibers to retain antimicrobial activity in food system application // *Food Control*. 2015. Vol. 54. P. 150–157. <https://doi.org/10.1016/J.FOOD-CONT.2015.02.001>.

26. Amorati R., Foti M. C., Valgimigli L. Antioxidant activity of essential oils // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. Vol. 61, no. 46. P. 10835–10847. <https://doi.org/10.1021/JF403496K>.

27. Clavijo-Romero A., Quintanilla-Carvajal M. X., Ruiz Y. Stability and antimicrobial activity of eucalyptus essential oil emulsions // *Food Science and Technology International*. 2019. Vol. 25, no. 1. P. 24–37. <https://doi.org/10.1177/1082013218794841>.

28. Abbasi M. A., Ghazanfari S., Sharifi S. D., Ahmadi Gavligi H. Effect of rosemary essential oil as nitrite substitute on quality of sausage produced using chicken fed by thymus essential oil and rapeseed oil // *Journal of Food Science and Technology*. 2020. Vol. 6, no. 1. P. 54–68. <https://doi.org/10.1007/S13197-020-04786-8>.

29. De Sá Silva C., de Figueiredo H. M., Stamford T. L. M., da Silva L. H. M. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Melaleuca alternifolia* (tea tree) essential oil in ground beef // *International Journal of Food Microbiology*. 2019. Vol. 293. P. 79–86. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2019.01.004>.

30. Hu J., Zhang Y., Xiao Z., Wang X. Preparation and properties of cinnamon-thyme-ginger composite essential oil nanocapsules // *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 122. P. 85–92. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.05.058>.

31. Yuan C., Wang Y., Liu Y., Cui B. Physicochemical characterization and antibacterial activity assessment of lavender essential oil encapsulated in hydroxypropyl-beta-cyclodextrin // *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 130. P. 104–110. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.12.067>.

32. Andrade B. F. M. T., Barbosa L. N., da Silva Probst I., Fernandes Júnior A. Antimicrobial activity of essential oils // *Journal of Essential Oil Research*. 2014. Vol. 26, no. 1. P. 34–40. <https://doi.org/10.1080/10412905.2013.860409>.

33. Borrás-Linares I., Fernández-Arroyo S., Arráez-Roman D., Palmeros-Suárez P. A., Del Val-Díaz R., Andrade-González I., et al. Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) // *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 69. P. 385–394. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2015.02.053>.

34. Ordoñez R., Atarés L., Chiralt A. Physicochemical and antimicrobial properties of cassava starch films with ferulic or cinnamic acid // *LWT* –

- Food Science and Technology. 2021. Vol. 144. P. 111242. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111242>.
35. Cai R., Miao M., Yue T., Zhang Y., Cui L., Wang Z., et al. Antibacterial activity and mechanism of cinnamic acid and chlorogenic acid against *Alicyclobacillus acidoterrestris* vegetative cells in apple juice // International Journal of Food Science and Technology. 2019. Vol. 54. P. 1697–1705. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14051>.
36. Almajano M. P., Carbó R., Jiménez J. A. L., Gordon M. H. Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions // Food Chemistry. 2008. Vol. 108, no. 1. P. 55–63. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.10.040>.
37. In Y. W., Kim J. J., Kim H. J., Oh S. W. Antimicrobial activities of acetic acid, citric acid and lactic acid against shigella species // Journal of Food Safety. 2013. Vol. 33, no. 1. P. 79–85. <https://doi.org/10.1111/JFS.12025>.
38. Kim S. A., Rhee M. S. Synergistic antimicrobial activity of caprylic acid in combination with citric acid against both *Escherichia coli* O157:H7 and indigenous microflora in carrot juice // Food Microbiology. 2015. Vol. 49. P. 166–172. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2015.02.009>.
39. Sullivan D. J., Azlin-Hasim S., Cruz-Romero M., Cummins E., Kerry J. P., Morris M. A. Antimicrobial effect of benzoic and sorbic acid salts and nanosolubilates against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens* and chicken microbiota biofilms // Food Control. 2020. Vol. 107. P. 106786. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.106786>.
40. Hu S., Yu J., Wang Z., Li L., Du Y., Wang L., et al. Effects of sorbic acid-chitosan microcapsules as antimicrobial agent on the properties of ethylene vinyl alcohol copolymer film for food packaging // Journal of Food Science. 2017. Vol. 82, no. 6. P. 1451–1460. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13731>.
41. Lins P. Antimicrobial activities of spices and herbs against *Salmonella* Oranienburg // Food Control. 2018. Vol. 83. P. 123–130. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2017.05.041>.
42. Robles-Zepeda R. E., Velázquez-Contreras C. A., Garibay-Escobar A., Gálvez-Ruiz J. C., Ruiz-Bustos E. Antimicrobial activity of northwestern mexican plants against *Helicobacter pylori* // Journal of Medicinal Food. 2011. Vol. 14, no. 10. P. 1280–1283. <https://doi.org/10.1089/JMF.2010.0263>.
43. Khan H., Jan S. A., Javed M., Shaheen R., Khan Z., Ahmad A., et al. Nutritional composition, antioxidant and antimicrobial activities of selected wild edible plants // Journal of Food Biochemistry. 2016. Vol. 40, no. 1. P. 61–70. <https://doi.org/10.1111/JFBC.12189>.
44. Rashed K., Ivanisova E., Kacaniova M. Evaluation of antioxidant, antimicrobial activities and phytochemical content of some Egyptian plants // International Food Research Journal. 2018. Vol. 25, no. 6. P. 2292–2300.
45. Johnson E. M., Jung D. Y.-G., Jin D. Y.-Y., Jayabalan D. R., Yang D. S. H., Suh J. W. Bacteriocins as food preservatives: challenges and emerging horizons // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018. Vol. 58, no. 16. P. 2743–2767. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1340870>.
46. Волкова Т. Н., Борисенко О. А., Селина И. В., Созинова М. С. Применение низина в пивоваренной промышленности // Пиво и напитки. 2019. N 4. С. 20–25. <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2019-10014>.
47. Ramith R., Prithvi S. S., Devi A. T., Ashwini P., Kumuda J., Lochana M. S., et al. Nagendra. Bacteriocins and their applications in food preservation (retraction of 10.1080/10408398.2015.1020918, 2015) // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020. Vol. 60, no. 18. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1020918>.
48. Кудряшов В. Л., Алексеев В. В., Фурсова Н. А. Низин и натамицин – эффективные пищевые микробиологические консерванты // Пищевая индустрия. 2020. N 2. С. 67–71. <https://doi.org/10.24411/9999-008A-2020-10007>.
49. Jia W., Wu X., Li R., Liu S., Shi L. Effect of nisin and potassium sorbate additions on lipids and nutritional quality of Tan sheep meat // Food Chemistry. 2021. Vol. 365. P. 130535. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130535>.
50. Hassan H., St-Gelais D., Goma A., Fliss I. Impact of nisin and nisin-producing *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* on *Clostridium tyrobutyricum* and bacterial Ecosystem of cheese matrices // Foods. 2021. Vol. 10, no. 4. P. 898. <https://doi.org/10.3390/FOODS10040898>.
51. Ture H., Eroglu E., Ozen B., Soyer F. Effect of biopolymers containing natamycin against *Aspergillus niger* and *Penicillium roquefortii* on fresh kashar cheese // International Journal of Food Science and Technology. 2011. Vol. 46, no. 1. P. 154–160. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2010.02465.X>.
52. Karaman K., Sagdic O., Yilmaz M. T. Evaluation of natamycin performance to control the growth of *Zygosaccharomyces bailii* and *Z. rouxii* in apple juice during storage // International Journal of Food Microbiology. 2020. Vol. 332. P. 108771. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2020.108771>.
53. Garavaglia J., Nunes Pinto L. M., de Souza D., de Castilhos J., Rossi R. C., Machado I. C. K., et al. Natamycin and nisin to improve shelf life and minimize benzene generation in lemon soft drinks // Food Science and Technology. 2019. Vol. 39, no. 2. P. 274–279. <https://doi.org/10.1590/FST.13217>.
54. Баландин С. В., Шереметьева Э. В., Овчинникова Т. В. Педиоцин-подобные антимикробные пептиды бактерий // Биохимия. 2019. T. 84. N 5. С. 616–633. <https://doi.org/10.1134/S0320972519050026>.
55. Ceruso M., Liu Y., Gunther N. W., Pepe T., Anastasio A., Qi P. X., et al. Anti-listerial activity of thermophilin 110 and pediocin in fermented milk and whey // Food Control. 2021. Vol. 125. P. 107941.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2021.107941>.

56. Santiago-Silva P., Soares N. F. F., Nóbrega J. E., Junior M. A. W., Barbosa K. B. F., Volp A. C. P., et al. Antimicrobial efficiency of film incorporated with pediocin (ALTA® 2351) on preservation of sliced ham // *Food Control*. 2009. Vol. 20, no. 1. P. 85–89. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2008.02.006>.

57. Cabo M. L., Torres B., Herrera J. J. R., Bernárdez M., Pastoriza L. Application of nisin and pediocin against resistance and germination of bacillus spores in sous vide products // *Journal of Food Protection*. 2009. Vol. 72, no. 3. P. 515–523. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.3.515>.

58. Díez L., Rojo-Bezares B., Zarazaga M., Rodríguez J. M., Torres C., Ruiz-Larrea F. Antimicrobial activity of pediocin PA-1 against *Oenococcus oeni* and other wine bacteria // *Food Microbiology*. 2012. Vol. 31, no. 2. P. 167–172. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2012.03.006>.

59. Kaur G., Singh T. P., Malik R. K., Bhardwaj A., De S. Antibacterial efficacy of nisin, pediocin 34 and enterocin FH99 against *L. monocytogenes*, *E. faecium* and *E. faecalis* and bacteriocin cross resistance and antibiotic susceptibility of their bacteriocin resistant variants // *Journal of Food Science and Technology*. 2014. Vol. 51, no. 2. P. 233–244. <https://doi.org/10.1007/S13197-011-0500-3>.

60. Molinos A. C., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas R., Valdivia E., Gálvez A. Inactivation of *Listeria monocytogenes* in raw fruits by Enterocin AS-48 // *Journal of Food Protection*. 2008. Vol. 71, no. 12. P. 2460–2467. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.12.2460>.

61. Grande M. J., Lucas R., Valdivia E., Abriouel H., Maqueda M., Ben Omar N., et al. Stability of Enterocin AS-48 in fruit and vegetable juices // *Journal of Food Protection*. 2005. Vol. 68, no. 10. P. 2085–2094. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.10.2085>.

62. Grande M. J., Lucas R., Abriouel H., Ben Omar N., Maqueda M., Martínez-Bueno M., et al. Control of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in fruit juices by enterocin AS-48 // *International Journal of Food Microbiology*. 2005. Vol. 104, no. 3. P. 289–297. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2005.03.010>.

63. Kareem A. R., Razavi S. H. Plantaricin bacteriocins: as safe alternative antimicrobial peptides

in food preservation – a review // *Journal of Food Safety*. 2020. Vol. 40, no. 1. <https://doi.org/10.1111/JFS.12735>.

64. Wu S., Zhang H., Zhou H., Jin J., Xie Y. Synergistic effect of plantaricin BM-1 combined with physicochemical treatments on the control of *Listeria monocytogenes* in cooked ham // *Journal of Food Protection*. 2017. Vol. 80, no. 6. P. 976–981. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-434>.

65. Захарова И. Н., Бережная И. В., Сугян Н. Г., Санникова Т. Н., Кучина А. Е., Сазанова Ю. О. Что мы знаем сегодня о *Lactobacillus reuteri*? // *Медицинский совет*. 2018. N 2. С. 163–169. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-2-163-169>.

66. Langa S., Martin-Cabrejas I., Montiel R., Peirotten A., Arques J. L., Medina M. Protective effect of reuterin-producing *Lactobacillus reuteri* against *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in semi-hard cheese // *Food Control*. 2018. Vol. 84. P. 284–289. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2017.08.004>.

67. Martin-Cabrejas I., Langa S., Gaya P., Rodríguez E., Landete J. M., Medina M., et al. Optimization of reuterin production in cheese by *Lactobacillus reuteri* // *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54, no. 5. P. 1346–1349. <https://doi.org/10.1007/S13197-017-2563-2>.

68. Gomez-Torres N., Avila M., Delgado D., Garde S. Effect of reuterin-producing *Lactobacillus reuteri* coupled with glycerol on the volatile fraction, odour and aroma of semi-hard ewe milk cheese // *International Journal of Food Microbiology*. 2016. Vol. 232. P. 103–110. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2016.05.031>.

69. Montiel R., Martin-Cabrejas I., Langa S., El Aouad N., Arques J. L., Reyes F., et al. Antimicrobial activity of reuterin produced by *Lactobacillus reuteri* on *Listeria monocytogenes* in cold-smoked salmon // *Food Microbiology*. 2014. Vol. 44. P. 1–5. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2014.05.006>.

70. Vimont A., Fernandez B., Ahmed G., Fortin H.-P., Fliss I. Quantitative antifungal activity of reuterin against food isolates of yeasts and moulds and its potential application in yogurt // *International Journal of Food Microbiology*. 2019. Vol. 289. P. 182–188. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2018.09.005>.

REFERENCES

1. Yurkova A. A. Food additives in the composition of popular products. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021; 56(5-1):91-94. (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-5-1-91-94>.

2. Esimbekova E. N., Asanova A. A., Deeva A. A., Kratasyuk V. A. Inhibition effect of food preservatives on endoproteinases. *Food Chemistry*. 2017; 235:294-297. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.05.059>.

3. Bensid A., El Abed N., Houicher A., Regen-

stein J. M., Özogul F. Antioxidant and antimicrobial preservatives: Properties, mechanism of action and applications in food – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;62(11):2985-3001. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1862046>.

4. Mei J., Ma X., Xie J. Review on natural preservatives for extending fish shelf life. *Foods*. 2019; 8(10):490. <https://doi.org/10.3390/FOODS8100490>.

5. Askarov I. R., Kholmatova M. M. The chemical composition of canned fish preservatives and their effect on the body. *Universum: Khimiya i Biologiya*. 2021 12):58-60. (In Russian). <https://doi.org/10.32743/Uni>

Chem.2021.90.12.12584.

6. Juneja V. K., Dwivedi H. P., Yan X. Novel natural food antimicrobials. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2012;3(1):381-403. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-FOOD-022811-101241>.
7. Kirsh I. A., Frolova Yu. V. Packaging materials for food products with an antimicrobial component of natural origin. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*. 2018;(1):24-25. (In Russian).
8. Tveritnikova I. S., Kirsh I. A., Bannikova O. A., Beznaeva O. V., Romanova V. A., Kondratova T. A., et al. Study of multilayered polymer films modified by antimicrob component intended for packaging dairy products. *Pishchevaya promyshlennost' = Food Industry*. 2020;(12):66-69. (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10146>.
9. Kuzmich V. V., Kozlov N. G., Karpunin I. I., Balabanova O. V. Experimental investigations on determination. *Nauka i Tekhnika*. 2019;18(5):409-415. (In Russian). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-5-409-415>.
10. Nogina A. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. The influence of biodegradable food films on freshness indices of semi-finished meat products. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;49(4):73-78. (In Russian). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-73-78>.
11. Rodionov G. V., Olesyuk A. P., Koltinova E. Ya., Egorov V. V., Malofeeva N. A., Oshchepkov M. S. Polyethylene packaging with silver and zinc micro-particles and its influence on milk quality. *Izvestiya vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya = ChemChemTech*. 2021;64(3):82-91. (In Russian). <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20216403.6295>.
12. Branen J. K., Davidson P. M. Enhancement of nisin, lysozyme, and monolaurin antimicrobial activities by ethylenediaminetetraacetic acid and lactoferrin. *International Journal of Food Microbiology*. 2004;90(1):63-74. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00172-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00172-7).
13. Tiwari B. K., Valdramidis V. P., O'Donnell C. P., Muthukumarappan K., Bourke P., Cullen P. J. Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009;57(14):5987-6000. <https://doi.org/10.1021/JF900668N>.
14. Liburdi K., Benucci I., Esti M. Lysozyme in wine: an overview of current and future applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014;13(5):1062-1073. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12102>.
15. Chang A. K. T., Frias R. R., Alvarez L. V., Bigol U. G., Guzman J. P. M. D. Comparative antibacterial activity of commercial chitosan and chitosan extracted from *Auricularia sp.* *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019;17:189-195. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2018.11.016>.
16. Liu Y., Sun Z., Xiu L., Huang J., Zhou F. Selective antifungal activity of chitosan and sulfonated chitosan against postharvest fungus isolated from blueberry. *Journal of Food Biochemistry*. 2018;42(6). <https://doi.org/10.1111/JFBC.12658>.
17. Kritchenkov A. S., Egorov A. R., Volkova O. V., Zabodalova L. A., Suchkova E. P., Yagafarov N. Z., et al. Active antibacterial food coatings based on blends of succinyl chitosan and triazole betaine chitosan derivatives. *Food Packaging and Shelf Life*. 2020;25:100534. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2020.100534>.
18. Niaz B., Saeed F., Ahmed A., Imran M., Maan A. A., Khan M. K. I., et al. Lactoferrin (LF): a natural antimicrobial protein. *International Journal of Food Properties*. 2019;22(1):1626-1641. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1666137>.
19. Conesa C., Rota M. C., Pérez M.-D., Calvo M., Sánchez L. Antimicrobial activity of recombinant human lactoferrin from *Aspergillus awamori*, human milk lactoferrin and their hydrolysates. *European Food Research and Technology*. 2008;228(2):205-211. <https://doi.org/10.1007/S00217-008-0924-9>.
20. Zhang Y., Lu C., Zhang J. Lactoferrin and its detection methods: a review. *Nutrients*. 2021;13(8):2492. <https://doi.org/10.3390/NU13082492>.
21. Boroujeni M. B., Nayeri H. Stabilization of bovine lactoperoxidase in the presence of ectoine. *Food Chemistry*. 2018;265:208-215. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.05.067>.
22. Yener F. Y. G., Korel F., Yemenicioğlu A. Antimicrobial activity of lactoperoxidase system incorporated into cross-linked alginate films. *Journal of Food Science*. 2009;74(2):73-79. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2009.01057.X>.
23. Cissé M., Polidori J., Montet D., Loiseau G., Ducamp-Collin M. N. Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings. *Postharvest Biology and Technology*. 2015;101:10-14. <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARV-BIO.2014.11.003>.
24. Burrowes O. J., Hadjicharalambous C., Diamond G., Lee T.-C. Evaluation of antimicrobial spectrum and cytotoxic activity of pleurocidin for food applications. *Journal of Food Science*. 2004;69(3):66-71. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2004.TB13373.X>.
25. Wang X., Yue T., Lee T. Development of Pleurocidin-poly(vinyl alcohol) electrospun antimicrobial nanofibers to retain antimicrobial activity in food system application. *Food Control*. 2015;54:150-157. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2015.02.001>.
26. Amorati R., Foti M. C., Valgimigli L. Antioxidant activity of essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013;61(46):10835-10847. <https://doi.org/10.1021/JF403496K>.
27. Clavijo-Romero A., Quintanilla-Carvajal M. X., Ruiz Y. Stability and antimicrobial activity of eucalyptus essential oil emulsions. *Food Science and Technology International*. 2019;25(1):24-37. <https://doi.org/10.1177/1082013218794841>.
28. Abbasi M. A., Ghazanfari S., Sharifi S. D., Ahmadi Gavlighi H. Effect of rosemary essential oil as nitrite substitute on quality of sausage produced using

chicken fed by thymus essential oil and rapeseed oil. *Journal of Food Science and Technology*. 2020;6(1):54-68. <https://doi.org/10.1007/S13197-020-04786-8>.

29. De Sá Silva C., de Figueiredo H. M., Stamford T. L. M., da Silva L. H. M. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Melaleuca alternifolia* (tea tree) essential oil in ground beef. *International Journal of Food Microbiology*. 2019;293:79-86. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2019.01.004>.

30. Hu J., Zhang Y., Xiao Z., Wang X. Preparation and properties of cinnamon-thyme-ginger composite essential oil nanocapsules. *Industrial Crops and Products*. 2018;122:85-92. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.05.058>.

31. Yuan C., Wang Y., Liu Y., Cui B. Physico-chemical characterization and antibacterial activity assessment of lavender essential oil encapsulated in hydroxypropyl-beta-cyclodextrin. *Industrial Crops and Products*. 2019;130:104-110. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.12.067>.

32. Andrade B. F. M. T., Barbosa L. N., da Silva Probst I., Fernandes Júnior A. Antimicrobial activity of essential oils. *Journal of Essential Oil Research*. 2014;26(1):34-40. <https://doi.org/10.1080/10412905.2013.860409>.

33. Borrás-Linares I., Fernández-Arroyo S., Arráez-Roman D., Palmeros-Suárez P. A., Del Val-Díaz R., Andrade-González I., et al. Characterization of phenolic compounds, anthocyanidin, antioxidant and antimicrobial activity of 25 varieties of Mexican Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Industrial Crops and Products*. 2015;69:385-394. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2015.02.053>.

34. Ordoñez R., Atarés L., Chiralt A. Physico-chemical and antimicrobial properties of cassava starch films with ferulic or cinnamic acid. *LWT – Food Science and Technology*. 2021;144:111242. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111242>.

35. Cai R., Miao M., Yue T., Zhang Y., Cui L., Wang Z., et al. Antibacterial activity and mechanism of cinnamic acid and chlorogenic acid against *Alicyclobacillus acidoterrestris* vegetative cells in apple juice. *International Journal of Food Science and Technology*. 2019;54:1697-1705. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14051>.

36. Almajano M. P., Carbó R., Jiménez J. A. L., Gordon M. H. Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chemistry*. 2008;108(1):55-63. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.10.040>.

37. In Y. W., Kim J. J., Kim H. J., Oh S. W. Antimicrobial activities of acetic acid, citric acid and lactic acid against shigella species. *Journal of Food Safety*. 2013;33(1):79-85. <https://doi.org/10.1111/JFS.12025>.

38. Kim S. A., Rhee M. S. Synergistic antimicrobial activity of caprylic acid in combination with citric acid against both *Escherichia coli* O157:H7 and indigenous microflora in carrot juice. *Food Microbiology*. 2015;49:166-172. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2015.02.009>.

39. Sullivan D. J., Azlin-Hasim S., Cruz-Romero M., Cummins E., Kerry J. P., Morris M. A. Antimicrobial

effect of benzoic and sorbic acid salts and nanosolubilisates against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens* and chicken microbiota biofilms. *Food Control*. 2020;107:106786. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.106786>.

40. Hu S., Yu J., Wang Z., Li L., Du Y., Wang L., et al. Effects of sorbic acid-chitosan microcapsules as antimicrobial agent on the properties of ethylene vinyl alcohol copolymer film for food packaging. *Journal of Food Science*. 2017;82(6):1451-1460. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13731>.

41. Lins P. Antimicrobial activities of spices and herbs against *Salmonella* Oranienburg. *Food Control*. 2018;83:123-130. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2017.05.041>.

42. Robles-Zepeda R. E., Velázquez-Contreras C. A., Garibay-Escobar A., Gálvez-Ruiz J. C., Ruiz-Bustos E. Antimicrobial activity of northwestern mexican plants against *Helicobacter pylori*. *Journal of Medicinal Food*. 2011;14(10):1280-1283. <https://doi.org/10.1089/JMF.2010.0263>.

43. Khan H., Jan S. A., Javed M., Shaheen R., Khan Z., Ahmad A., et al. Nutritional composition, antioxidant and antimicrobial activities of selected wild edible plants. *Journal of Food Biochemistry*. 2016;40(1):61-70. <https://doi.org/10.1111/JFBC.12189>.

44. Rashed K., Ivanisova E., Kacaniova M. Evaluation of antioxidant, antimicrobial activities and phytochemical content of some Egyptian plants. *International Food Research Journal*. 2018;25(6):2292-2300.

45. Johnson E. M., Jung D. Y.-G., Jin D. Y.-Y., Jayabalan D. R., Yang D. S. H., Suh J. W. Bacteriocins as food preservatives: challenges and emerging horizons. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018;58(16):2743-2767. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1340870>.

46. Volkova T. N., Borisenko O. A., Selina I. V., Sozinova M. S. Nisin usage in brewing industry. *Pivo i Napitki*. 2019;(4):20-25. (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2072-9650-2019-10014>.

47. Ramith R., Prithvi S. S., Devi A. T., Ashwini P., Kumuda J., Lochana M. S., et al. Nagendra. Bacteriocins and their applications in food preservation (retraction of 10.1080/10408398.2015.1020918, 2015). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;60(18). <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1020918>.

48. Kudryashov V. L., Alekseev V. V., Fursova N. A. Nisin and natamycin are effective food microbiological preservatives. *Pishchevaya Industriya*. 2020;(2):67-71. (In Russian). <https://doi.org/10.24411/9999-008A-2020-10007>.

49. Jia W., Wu X., Li R., Liu S., Shi L. Effect of nisin and potassium sorbate additions on lipids and nutritional quality of Tan sheep meat. *Food Chemistry*. 2021;365:130535. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130535>.

50. Hassan H., St-Gelais D., Gomaa A., Fliss I. Impact of nisin and nisin-producing *Lactococcus*

lactis ssp. *lactis* on *Clostridium tyrobutyricum* and bacterial Ecosystem of cheese matrices. *Foods*. 2021;10(4):898. <https://doi.org/10.3390/FOODS10040898>.

51. Ture H., Eroglu E., Ozen B., Soyer F. Effect of biopolymers containing natamycin against *Aspergillus niger* and *Penicillium roquefortii* on fresh kashar cheese. *International Journal of Food Science and Technology*. 2011;46(1):154-160. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2010.02465.X>.

52. Karaman K., Sagdic O., Yilmaz M. T. Evaluation of natamycin performance to control the growth of *Zygosaccharomyces bailii* and *Z. rouxii* in apple juice during storage. *International Journal of Food Microbiology*. 2020;332:108771. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2020.108771>.

53. Garavaglia J., Nunes Pinto L. M., de Souza D., de Castilhos J., Rossi R. C., Machado I. C. K., et al. Natamycin and nisin to improve shelf life and minimize benzene generation in lemon soft drinks. *Food Science and Technology*. 2019;39(2):274-279. <https://doi.org/10.1590/FST.13217>.

54. Balandin S. V., Sheremeteva E. V., Ovchinnikova T. V. Pediocin-like antimicrobial peptides of bacteria. *Biokhimiya = Biochemistry*. 2019;84(5):616-633. (In Russian). <https://doi.org/10.1134/S0320972519050026>.

55. Ceruso M., Liu Y., Gunther N. W., Pepe T., Anastasio A., Qi P. X., et al. Anti-listerial activity of thermophilin 110 and pediocin in fermented milk and whey. *Food Control*. 2021;125:107941. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2021.107941>.

56. Santiago-Silva P., Soares N. F. F., Nóbrega J. E., Junior M. A. W., Barbosa K. B. F., Volp A. C. P., et al. Antimicrobial efficiency of film incorporated with pediocin (ALTA® 2351) on preservation of sliced ham. *Food Control*. 2009;20(1):85-89. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2008.02.006>.

57. Cabo M. L., Torres B., Herrera J. J. R., Hernández M., Pastoriza L. Application of nisin and pediocin against resistance and germination of bacillus spores in sous vide products. *Journal of Food Protection*. 2009;72(3):515-523. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.3.515>.

58. Díez L., Rojo-Bezares B., Zarazaga M., Rodríguez J. M., Torres C., Ruiz-Larrea F. Antimicrobial activity of pediocin PA-1 against *Oenococcus oeni* and other wine bacteria. *Food Microbiology*. 2012;31(2):167-172. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2012.03.006>.

59. Kaur G., Singh T. P., Malik R. K., Bhardwaj A., De S. Antibacterial efficacy of nisin, pediocin 34 and enterocin FH99 against *L. monocytogenes*, *E. faecium* and *E. faecalis* and bacteriocin cross resistance and antibiotic susceptibility of their bacteriocin resistant variants. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51(2):233-244. <https://doi.org/10.1007/S13197-011-0500-3>.

60. Molinos A. C., Abriouel H., Ben Omar N., Lucas R., Valdivia E., Gálvez A. Inactivation of *Listeria monocytogenes* in raw fruits by Enterocin AS-48. *Journal of Food Protection*. 2008;71(12):2460-2467.

<https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.12.2460>.

61. Grande M. J., Lucas R., Valdivia E., Abriouel H., Maqueda M., Ben Omar N., et al. Stability of Enterocin AS-48 in fruit and vegetable juices. *Journal of Food Protection*. 2005;68(10):2085-2094. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.10.2085>.

62. Grande M. J., Lucas R., Abriouel H., Ben Omar N., Maqueda M., Martínez-Bueno M., et al. Control of *Alicyclobacillus acidoterrestris* in fruit juices by enterocin AS-48. *International Journal of Food Microbiology*. 2005;104(3):289-297. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2005.03.010>.

63. Kareem A. R., Razavi S. H. Plantaricin bacteriocins: as safe alternative antimicrobial peptides in food preservation – a review. *Journal of Food Safety*. 2020;40(1). <https://doi.org/10.1111/JFS.12735>.

64. Wu S., Zhang H., Zhou H., Jin J., Xie Y. Synergistic effect of plantaricin BM-1 combined with physicochemical treatments on the control of *Listeria monocytogenes* in cooked ham. *Journal of Food Protection*. 2017;80(6):976-981. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-16-434>.

65. Zakharova I. N., Berezhnaya I. V., Sugyan N. G., Sannikova T. N., Kuchina A. E., Sazanov Yu. O. What do we know today about *Lactobacillus reuteri*? *Meditsinskii sovet = Medical Council*. 2018;(2):163-169. (In Russian). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-2-163-169>.

66. Langa S., Martín-Cabrejas I., Montiel R., Peirotén A., Arques J. L., Medina M. Protective effect of reuterin-producing *Lactobacillus reuteri* against *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in semi-hard cheese. *Food Control*. 2018;84:284-289. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2017.08.004>.

67. Martín-Cabrejas I., Langa S., Gaya P., Rodríguez E., Landete J. M., Medina M., et al. Optimization of reuterin production in cheese by *Lactobacillus reuteri*. *Journal of Food Science and Technology*. 2017;54(5):1346-1349. <https://doi.org/10.1007/S13197-017-2563-2>.

68. Gómez-Torres N., Avila M., Delgado D., Garde S. Effect of reuterin-producing *Lactobacillus reuteri* coupled with glycerol on the volatile fraction, odour and aroma of semi-hard ewe milk cheese. *International Journal of Food Microbiology*. 2016;232:103-110. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2016.05.031>.

69. Montiel R., Martín-Cabrejas I., Langa S., El Aouad N., Arques J. L., Reyes F., et al. Antimicrobial activity of reuterin produced by *Lactobacillus reuteri* on *Listeria monocytogenes* in cold-smoked salmon. *Food Microbiology*. 2014;44:1-5. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2014.05.006>.

70. Vimont A., Fernandez B., Ahmed G., Fortin H.-P., Fliss I. Quantitative antifungal activity of reuterin against food isolates of yeasts and moulds and its potential application in yogurt. *International Journal of Food Microbiology*. 2019;289:182-188. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2018.09.005>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Д. Р. Червоткина,
студент,
Самарский государственный технический
университет,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская,
244, Российская Федерация,
dcher02@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3577-560X>

А. В. Борисова,
к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии
и организации общественного питания,
Самарский государственный технический
университет,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская,
244, Российская Федерация,
anna_borisova_63@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

Вклад авторов

Д. Р. Червоткина – поиск литературы;
составление чернового варианта статьи.
А. В. Борисова – планирование статьи; общее
руководство работой.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили
окончательный вариант рукописи.*

Информация о статье

*Поступила в редакцию 27.05.2022.
Одобрена после рецензирования 08.06.2022.
Принята к публикации 15.06.2022.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Darya R. Chervotkina,
Student,
Samara State Technical University,
244, Molodogvardeiskaya St., 443100, Samara,
Russian Federation,
dcher02@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3577-560X>

Anna V. Borisova,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Associate Professor,
Department of Technology and Organization
of Public Catering,
Samara State Technical University,
244, Molodogvardeiskaya St., 443100, Samara,
Russian Federation,
anna_borisova_63@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

Contribution of the authors

Darya R. Chervotkina – literature search; drafting
of the article.
Anna V. Borisova – article planning; general work
management.

Conflict interests

The authors declare no conflict of interests
regarding the publication of this article.

*The final manuscript has been read
and approved by all the co-authors.*

Information about the article

*The article was submitted 27.05.2022.
Approved after reviewing 08.06.2022.
Accepted for publication 15.06.2022.*