

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 664.8

БИОКОНСЕРВАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРОБИОТИКАМИ И ПОЛЕЗНЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ¹Бурак Л.Ч., ²Завалей А.П.¹ООО «БЕЛРОСАКВА», Минск, e-mail: leonidburak@gmail.com²Совместное Общество с ограниченной ответственностью «Ароматик», Дзержинск, e-mail: zavaley@gmail.com

Сохранение качества и увеличение срока годности продуктов питания и напитков из растительного сырья – одна из основных задач предприятий пищевой промышленности. Цель данной статьи – обзор научных публикаций, направленных на изучение необходимости биоконсервации и роли пробиотиков в пищевой промышленности. Поиск зарубежной научной литературы на английском языке по данной теме проводили в библиографических базах Google Scholar, Scopus, Web of Science, Elsevier, ResearchGate. Для отбора научных статей на русском языке провели поиск по ключевым словам в «Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU». Обзор научных публикаций показал: результаты многочисленных исследований подтверждают, что такой метод, как биоконсервация, имеет потенциал использования для повышения безопасности пищевых продуктов, одновременно содействуя повышению качества, оригинальности и натуральности пищевых продуктов. Тенденция здорового питания, веганство, возрастающий спрос со стороны потребителей на свежие, минимально обработанные продукты побуждают к использованию современных технологий обработки и способов консервирования продуктов питания. Применение пробиотических микроорганизмов в пищевых продуктах и напитках влияет на увеличение срока хранения, микробиологической стабильности и безопасности пищевых продуктов. Такие продукты благотворно влияют на здоровье человека и могут использоваться в качестве продуктов профилактического и функционального назначения. Эффективное антимикробное действие, которое оказывают пробиотики и потенциальные пробиотические штаммы, способствует существенному увеличению срока годности продуктов питания из растительного сырья.

Ключевые слова: биоконсервация, пробиотики, штаммы, растительное сырье, овощи, фрукты, напитки, порча, патогены

BIOCONSERVATION OF PLANT RAW MATERIALS WITH PROBIOTICS AND BENEFICIAL MICROORGANISMS¹Burak L.Ch., ²Zavaley A.P.¹BELROSAKVA Limited Liability Company, Minsk, e-mail: leonidburak@gmail.com²JLLC “Aromatic”, Dzherzhinsk, e-mail: zavaley@gmail.com

Preserving the quality and increasing the shelf life of food and beverages from vegetable raw materials is one of the main tasks of the food industry. The purpose of this article is to review scientific publications aimed at studying the need for biopreservation and the role of probiotics in the food industry. The search for foreign scientific literature in English on this topic was carried out in the bibliographic databases “Google Scholar”, “Scopus”, “Web of Science”, “Elsevier”. Researchgate. To select scientific articles in Russian, a keyword search was conducted in the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU. A review of scientific publications has shown that the results of numerous studies confirm that a method such as biopreservation has the potential to be used to improve food safety, while contributing to food quality, originality and naturalness. The trend of healthy eating, veganism, and increasing consumer demand for fresh, minimally processed foods is driving the use of modern food processing technologies and food preservation methods. The use of probiotic micro-organisms in foods and beverages improves shelf life, microbiological stability and food safety. Such products have a beneficial effect on human health and can be used as preventive and functional products. The effective antimicrobial activity of probiotics and potential probiotic strains contributes to a significant increase in the shelf life of plant-based foods.

Keywords: biopreservation, probiotics, strains, plant materials, vegetables, fruits, drinks, spoilage, pathogens

Биоконсервация представляет собой использование микроорганизмов и/или продуктов их метаболизма для продления срока хранения и повышения безопасности пищевых товаров. Пробиотики представляют собой живые микроорганизмы, которые при введении в оптимальных количествах оказывают благотворное влияние на организм хозяина [1]. Пробиотики способствуют нормализации пищеварительного процесса в организме и укреплению иммунной системы, а также инициируют выработку β-дефензина и иммуноглобулина А (IgA)

в организме хозяина для подавления роста патогенов [2]. Потенциальная антимикробная активность и способность пробиотиков приносить пользу здоровью создали необходимость для изучения вариантов источников пробиотиков, составов и методов доставки в пищевые продукты. В условиях промышленного производства для разработки пищевых продуктов с участием пробиотических бактерий подбираются подходящие штаммы. Пробиотические составы должны содержать достаточное количество жизнеспособных микроорганизмов

(>10⁶КОЕ/см³ или г пищи) в момент потребления для обеспечения любой заявленной пользы для здоровья [3]. Многие подходы, такие как инкапсуляция, обеспечивают доставку необходимого количества пробиотиков. Пробиотики являются одним из наиболее широко используемых ингредиентов в функциональных продуктах питания, где были привлечены значительные инвестиции для разработки новых технологий и пищевых составов. Новые стратегии доставки пробиотиков включают производство капсул, порошков, жидкостей и обычных пищевых форм, включенных в молочные продукты, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия и напитки. В настоящее время использование пробиотиков существенно возросло, с недавним акцентом на немолочные источники [3].

Порча продуктов питания приводит к образованию ненужных отходов и негативно влияет на экономику и репутацию бренда производителей продуктов. Между тем увеличенный срок годности может быть показателем микробиологической безопасности и стабильного качества пищевого продукта. Таким образом, предприятия пищевой промышленности постоянно ищут способы максимального сохранения пищевой ценности, внешнего вида, органолептических показателей и микробиологической безопасности пищевых продуктов на протяжении всей цепочки поставок. Важнейшими аспектами безопасности и качества пищевых продуктов можно эффективно управлять с помощью различных методов сохранения, среди которых большой интерес представляет биоконсервация. Предприятия пищевой отрасли особое внимание сконцентрировали на разработке здоровых и безопасных пищевых продуктов, которые могут быть достигнуты с помощью пробиотических микроорганизмов [4]. Замена искусственно синтезированных химических консервантов биоконсервантами приносит пользу как здоровью потребителей, так и окружающей среде. Среди различных средств, доступных для биоконсервации, пробиотики являются перспективными кандидатами в качестве биоконсервантов для растительных продуктов, в дополнение к их известным многочисленным преимуществам для здоровья. Использование пробиотиков способствует сохранению баланса между полезными и вредными бактериями, что делает их эффективными биоконсервантами. Консервирующее действие пробиотиков дает возможность использовать их в качестве биоконсервантов с целью предотвращения порчи различных пищевых продуктов из растительного сырья, в том числе

тех, основу которых составляют фрукты и овощи [5]. Таким образом, цель настоящего обзора состоит в том, чтобы обобщить биоконсервирующие свойства пробиотиков и потенциальных пробиотиков/полезных микроорганизмов, используемых в пищевых матрицах из растительного сырья.

Биоконсервация как альтернативный способ консервирования

Патогены, которые могут находиться в пищевых продуктах, являются биологическими агентами, которые способны вызывать болезни пищевого происхождения. Болезни возникают, когда патоген попадает в организм и размножается там, или когда токсичный патоген находится в пищевом продукте и производит токсины, которые затем употребляются человеком [6]. Выявлено более 200 заболеваний пищевого происхождения, причем наиболее тяжелые случаи происходят у пациентов с нарушенной функцией иммунной системы, например у пожилых людей или очень маленьких, у которых еще не сформирована иммунная система. *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Cronobacter sakazaki*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Vibrio* spp. и *Yersinia enterocolitica* являются одними из наиболее распространенных пищевых патогенов, которые чаще всего способны вызывать пищевые отравления [7].

Во многих научных источниках содержится информация о подавлении патогенов пищевого происхождения в продуктах пробиотиками, а также подавлении патогенов пробиотиками *in vivo* в организме человека [8]. Точный пробиотический механизм подавления патогенов в пищевых продуктах во время обработки и хранения, по видимому, отличается от такового в организме человека. Например, выработка короткоцепочечных жирных кислот пробиотиками снижает pH продукта в ферментированных молочных продуктах и создает неблагоприятную среду для некоторых патогенных микроорганизмов. Кроме того, некоторые пробиотики могут продуцировать бактериоцины при попадании в пищевые продукты. Они полезны, поскольку предотвращают попадание с пищевыми продуктами в организм большего количества патогенов. Когда пробиотические микробы находятся в организме человека после приема внутрь, механизмы могут быть связаны с предотвращением присоединения эпителия кишечника патогенными микроорганизмами, с конкурентным преимуществом для питательных веществ и с высвобождением бактериоци-

нов или других противомикробных агентов, активных против патогенных микроорганизмов [9-11]. Тем не менее синергетический характер подавления патогенов пробиотиками в пищевых продуктах после приема внутрь в организме человека достаточно не изучен, поэтому необходимо продолжать исследования в этом направлении.

Биоконсервация определяется как использование непатогенных микроорганизмов или их метаболитов для увеличения срока годности и повышения безопасности пищевых продуктов путем уничтожения или ингибирования нежелательных микроорганизмов, присутствующих в пищевых продуктах [11]. Ферментация является одной из наиболее распространенных форм биоконсервации пищевых продуктов. Естественно, присутствующие или добавленные извне микроорганизмы участвуют в расщеплении сложных пищевых соединений наряду с образованием спиртов, органических кислот и различных соединений. Ферментация приводит к образованию ароматических и вкусовых компонентов, процесс, который улучшает органолептические свойства пищи [12]. Вместе с тем одной из основных проблем при обогащении пищевых продуктов пробиотиками является восприятие этих продуктов потребителями, так как некоторые пробиотические штаммы существенно меняют вкус продуктов. По этой причине изменения органолептических свойств в некоторых группах сырья или продуктов не целесообразны, например в продуктах с более высоким содержанием жира.

Наиболее широко промышленно используемыми биоконсервантами являются лизоцимы, бактериофаги, молочнокислые бактерии и их бактериоцины. Лизоцимы являются естественными ферментами класса гидролаз, разрушающими клеточную стенку бактерий. Бактериофаги – это вирусы, которые заражают бактерии, а их антибактериальные свойства делают их эффективным биоконсервантом. Бактериоцины представляют собой биологически активные сложные белки или пептиды, которые проявляют антимикробное действие против близкородственных видов бактерий [13]. Молочнокислые бактерии (LAB) вызвали особый интерес из-за их динамических характеристик и бактериоцин-продуцирующей способности. Среди различных пробиотических штаммов некоторые способны продуцировать бактериоцины, которые обладают антимикробными свойствами против определенных патогенных и вызывающих порчу пищевых микроорганизмов. Бактериоцин-продуцирующая способность пробиотиков, наряду с их другими антагони-

стическими / антимикробными свойствами, дает перспективы использования в качестве естественных биоконсервантов продуктов питания. Прогресс в области безопасности пищевых продуктов выявил преимущества использования бактериофагов и эндолизиннов в качестве пищевых биоконсервантов. Он направлен на изучение различных применений пробиотических микроорганизмов и бактериоцинов с потенциальной антимикробной активностью, для сохранения продуктов питания [14].

Традиционными способами консервирования пищевых продуктов являются нагревание, сушка, замораживание, концентрирование, внесение консервантов, пищевое покрытие и обработка под высоким давлением [15]. Эти способы включают инактивацию и/или ингибирование патогенных микроорганизмов посредством различных обработок или добавок. Пастеризация и другие высокотемпературные способы обработки приводят к потере питательных веществ и изменению органолептических показателей. Кроме того, методы нетермической обработки, такие как облучение пищевых продуктов, связаны с проблемами безопасности, а также с социальными и этическими вопросами. Эти недостатки в существующих системах сохранения пищевых продуктов создают потребность в альтернативных методах сохранения пищевых продуктов, которые могут эффективно и устойчиво решать современные проблемы безопасности и качества пищевых продуктов [16]. Споробразующие бактерии представляют собой серьезную угрозу в термически обработанных пищевых продуктах, поскольку эти споры демонстрируют типичную устойчивость к физической обработке, включая термическую обработку. Эти споры могут прорастать и расти в продукте при появлении приемлемых для них условий. Патогены пищевого происхождения, такие как *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus subtilis* и *Bacillus cereus*, являются типичными представителями споробразующих бактерий, тогда как *Staphylococcus aureus* и *Clostridium botulinum* способны производить термоустойчивые токсины. Большинство патогенов пищевого происхождения являются мезофильными (оптимальные температуры роста колеблются в пределах 20-45 °C), а некоторые способны расти в охлажденных условиях или при температуре менее 10 °C (психротрофы), такие как *Listeria monocytogenes* и *Yersinia enterocolitica*. В связи с этим антагонистические эффекты и антимикробные свойства пробиотических микроорганизмов могут быть полезны для ингибирования и по-

давления роста патогенов пищевого происхождения во время обработки пищевых продуктов, а также в условиях охлажденно-го хранения.

В отличие от искусственно синтезированных химических консервантов, которые оказывают токсическое воздействие при длительном использовании, биоконсерванты практически не оказывают вредного воздействия на здоровье [17-18]. Этот экологически чистый метод консервирования используется в качестве альтернативы химическим добавкам для продления срока годности различных растительных продуктов питания и напитков.

Изменения в образе жизни привели к глобализации продовольственного рынка. В последние годы потребители готовы выбирать минимально обработанные и функциональные продукты. Сложные и более длинные пищевые цепи участвуют в переработке этих пищевых продуктов, что увеличивает риск микробного загрязнения и, таким образом, вызывает проблемы безопасности. Новые методы сохранения исследуются для удовлетворения ожиданий потребителей в отношении естественного и высокого общего качества пищевых продуктов. Биоконсервация, являясь альтернативным способом консервирования пищевых продуктов, поддерживает микробиологическую стабильность, увеличивает срок годности продукта, минимизирует влияние питательных и органолептических свойств различных скоропортящихся пищевых продуктов. Различия в рационе питания потребителей и переход к потреблению веганских и органических продуктов создали спрос на методы биоконсервации и их внедрение в плодоовощную пищевую промышленность и производство напитков.

Роль пробиотиков в пищевой промышленности

Пищевая аллергия, непереносимость лактозы, вегетарианство и веганство создали спрос на немолочные пробиотические продукты [19]. Доставка пробиотиков в организм человека традиционно связана с ферментированными молочными продуктами, такими как йогурт, сыр и различные виды ферментированных напитков, таких как кефир. Доставка пробиотиков также может быть достигнута с помощью немолочных пробиотических продуктов, в основном напитков. Как ферментированные, так и не ферментированные немолочные продукты играют важную роль в доставке пробиотиков. Пробиотические овощные и фруктовые соки и напитки в основном производятся без применения ферментации

[20]. Научные эксперименты доказали возможную пользу для здоровья от включения пробиотиков в пищевые продукты. Расширение осведомленности потребителей привело к популярности пробиотиков на рынках функциональных продуктов питания в некоторых странах. Органолептическим свойствам придается большое значение для определения и подтверждения потребительского восприятия пробиотических пищевых продуктов. В будущем использование пробиотиков будет в основном распространено в медицине и питании. Необходимо рассматривать применение пробиотиков в профилактике и лечении различных заболеваний под руководством медицинских работников. В дальнейшем это может быть широко развито и рекомендовано пищевой промышленностью [21].

В последние годы потенциальное применение бактериоцинов, продуцируемых антагонистическими микроорганизмами, включая пробиотики, в качестве природных консервантов привлекает внимание предприятий пищевой промышленности. Пробиотики имеют широкий спектр применения в пищевой и молочной промышленности. Пробиотические напитки и продукты, основанные на молочных продуктах, широко распространены на современном рынке. Причина популярности пробиотических напитков заключается в том, что потребители считают их надежным источником биологически активных веществ [22]. Пробиотические бактерии обычно инкапсулируются для производства функциональных продуктов питания, например йогурта, сыра, мороженого, а также немолочных продуктов, таких как злаки, шоколад, различные кондитерские изделия и обработанные мясные продукты [23-24]. Несколько компаний разработали пробиотики в виде таблеток или капсул, но тем не менее еще очень мало инкапсулированных пробиотических продуктов производится. Кроме того, понимание клеточной биологии и технологии инкапсуляции, несомненно, поможет разработать различные новые виды промышленных пробиотических продуктов питания. В молочной промышленности штаммы родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* являются наиболее часто используемыми пробиотиками. Другие виды штаммов, таких как *Propionibacterium*, *Peptostreptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Saccharomyces* и *Streptococcus*, медленно набирают популярность в области пробиотических продуктов и напитков [25-26]. В недавнем исследовании *Lactobacillus acidophilus* LA-5 был использован для разработки пробиотического напитка, обогащен-

ного соком манго. Добавление сока манго повысило пробиотическую жизнеспособность. В результате этой комбинации пробиотическая толерантность была улучшена при воздействии *in vitro* желудочно-кишечного пищеварения. Органолептический анализ сока манго в том же исследовании показал, что сенсорная оценка напитков увеличивалась с увеличением концентрации сока манго [27].

На стабильность пробиотических микроорганизмов могут влиять особенности пищевой матрицы, условия хранения и прохождение через желудочно-кишечный тракт. Долговечность и активность микроорганизмов во многом поддерживаются особенностями пищевой матрицы. Способ производства определенного пищевого продукта способствует в основном безопасности, консистенции и эффективности пищевого продукта. Традиционно доставка пробиотиков осуществляется за счет использования ферментированных и неферментированных продуктов. Современная пищевая промышленность стремится включить пробиотические микроорганизмы в неферментированные продукты в микроинкапсулированной форме. Пробиотические микробные штаммы могут быть введены в организм человека в трех основных формах. Кроме того, пробиотики вводят через традиционные ферментированные продукты либо в качестве функциональных продуктов питания, либо фармацевтических продуктов [4].

Антимикробные свойства пробиотиков

Антимикробные свойства являются одним из основных преимуществ, связанных с пробиотиками. Ряд используемых пробиотиков и полезных микроорганизмов в промышленности продемонстрировал различные ингибирующие действия против различных патогенных и болезнетворных микроорганизмов в пищевых продуктах. Изучение механизмов пробиотического действия выявляет новые функции пробиотических микроорганизмов. Четкое понимание способа действия позволяет выбирать подходящие пробиотические штаммы для конкретных применений. Антагонистическое воздействие пробиотиков на другие микроорганизмы может быть связано с рядом механизмов, включая модификацию микробиоты кишечника, усиление эпителиального барьера кишечника, повышенную приверженность эпителию и слизистой оболочке кишечника, а также модуляцию иммунной системы, чтобы предложить преимущества для хозяина. Однако не все из этих механизмов важны своими биоактивными свойствами [28].

Производство антимикробных веществ, по-видимому, является основным фактором, способствующим биоактивным свойствам пробиотиков. Механизм антимикробной активности пробиотиков в значительной степени связан с образованием органических кислот, этанола и бактериоцинов и, следовательно, с ингибированием микроорганизмов пищевого происхождения и порчи, присутствующих в пищевом материале [29]. Следовательно, выработку бактериоцина пробиотическими микроорганизмами можно рассматривать как неотъемлемую часть их антагонистической способности к биоактивации, но это предположение требует дальнейших исследований. Исследования, посвященные изучению антимикробных свойств пробиотиков, а также потенциальных пробиотических штаммов, дают основания для возможного применения потенциальных кандидатов, которые могут быть использованы в качестве биоактиваторов в растительных продуктах питания. Так, например, ученые Likotrafti et al. [30] сообщили об антимикробных свойствах *Lactobacillus kefir*, который является мощным пробиотическим штаммом, выделенным из кефирных зерен. Совместное культивирование *Bifidobacterium longum* IPLA20022 и *Bifidobacterium breve* IPLA20006 в присутствии короткоцепочечных фруктоолигосахаридов в качестве источника углерода значительно снижает рост патогенного *Clostridium difficile*. Среди них потенциальные пробиотические штаммы, выделенные из пищевых источников, имеют большое преимущество использования в качестве биоактиваторов в другой пищевой матрице [31-32].

Применение пробиотиков для улучшения срока хранения овощей, фруктов и других продуктов растительного происхождения

С точки зрения доставки пробиотиков, овощи и фрукты, обогащенные пробиотиками, считаются идеальной альтернативой пробиотическим молочным продуктам. Это связано с тем, что такие составы пищевых продуктов могут лучше удовлетворять потребности веганов / вегетарианцев, населения с непереносимостью лактозы и людей, предпочитающих низкое потребление холестерина, или тех, у кого аллергия на животные белки. Наблюдается постоянный рост спроса на готовые к употреблению свежие овощные и фруктовые продукты, во многом благодаря интересу потребителей к свежим и здоровым продуктам, подверженным незначительной обработке [33-34].

Будучи низкокислотными продуктами с более высоким содержанием влаги и имея большое количество срезанных поверхностей, разрезанные фрукты и овощи являются идеальной средой для роста микробов, вызывающих порчу, а также патогенных микроорганизмов, таких как *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*. Для обеспечения сохранности готовых к употреблению свежесрезанных фруктов и овощей необходимы безопасные методы производства и надлежащие способы дезинфекции.

Микробиологическая обсемененность, присутствующая на продуктах, является идеальным источником для выделения потенциальных пробиотических штаммов, проявляющих ингибирующее действие против загрязняющих пищевых патогенов. Эти микроорганизмы имеют преимущество, так как являются частью естественного микробного сообщества, уже образовавшегося на продукте, что может облегчить их колонизацию и выживание на продукте. Ученые Trias R. et al [34] установили, что микробиологическая обсемененность на свежих овощах и фруктах составляла от 10^2 до 10^6 КОЕ г⁻¹, где наиболее распространенными были виды *Lactobacillus* и *Leuconostoc*, и в меньшей степени *Weissella*, *Enterococcus* и *Lactococcus*. Хотя существует большое разнообразие LAB, присутствующих в свежих фруктах и овощах, только несколько бактерий были идентифицированы как обладающие антагонистическими способностями против патогенов пищевого происхождения. Данные исследований свидетельствуют о том, что естественная микробиота, присутствующая на свежих фруктах и овощах, конкурирует с патогенами за физическое пространство и питательные вещества и/или продуцирует антагонистические соединения, которые негативно влияют на жизнеспособность патогенных микроорганизмов [35].

Фрукты

Пробиотики и природные микробиомы фруктов использовались для повышения безопасности и качества свежих фруктов или минимально обработанных фруктовых продуктов, таких как свежесрезанные фрукты.

Яблоко

Потенциальный пробиотический штамм *Lactiplantibacillus plantarum* C1T3, выделенный из яблока, показал значительный ингибирующий эффект в отношении *E. Coli* и *L. Monocytogenes* в нарезанных яблоках. Продукты, привитые *Lb. plantarum* C1T3, показали значительное ускорение гибели

кишечной палочки, снижая количество патогенов до неопределяемых уровней в течение 7 дней хранения при 6 °C. Кроме того, *Lb. plantarum* C1T3 ингибировал рост *L. Monocytogenes* до конца периода хранения. *Lacticaseibacillus paracasei* (*Lb. paracasei*) M3B6 также показал ингибирующую активность против *E. coli* и *L. monocytogenes*, хотя и в меньшей степени. Эти два потенциальных биоконсерванта оказались эффективными, когда они присутствовали в концентрации выше $1,5 \log$ КОЕ/г. Результаты исследований показывают, что эти агенты биоконтроля создают эффективное препятствие против *L. Monocytogenes* в течение по крайней мере 16 дней охлажденного хранения, одновременно повышая безопасность против *E. coli*. Кроме того, эти пробиотики смогли значительно ингибировать рост дрожжей, хотя органолептические показатели и свойства этих продуктов ухудшались, за счет потемнения продукта, хотя цвет оставался приемлемым в течение 7 дней хранения при 6 °C [36].

Rößle et al. [37] изучили применимость *Lacticaseibacillus rhamnosus* (*Lb. rhamnosus*) GG (LGG) к свежесрезанным яблочным долькам и их влияние на качественные и органолептические показатели. Образцы яблок разрезали на дольки и опускали в пищевой буферный раствор, содержащий примерно 10^{10} КОЕ/мл LGG. Жизнеспособное количество LGG в конце 10-дневного периода хранения (при 2–4 °C) было выше 10^8 КОЕ/г. Не наблюдалось существенной разницы в значениях цвета, текстуре, содержании сухих веществ, титруемой кислотности, pH и общей приемлемости между пробиотическими яблочными дольками и контролем, который не содержал пробиотиков [37]. Другое исследование показало, что LGG выживали при концентрациях выше 10^6 КОЕ/г на минимально обработанных яблочных дольках в течение более 28 дней хранения при 5 и 10 °C без ухудшения качества. В присутствии LGG, *L. L. monocytogenes* было снижено на 1-логарифмическую единицу, однако на *сальмонеллу* влияние не оказало. Это показало штаммовую специфичность способности пробиотиков к ингибированию патогенов. Кроме того, жизнеспособные показатели LGG после имитации желудочно-кишечного пищеварения были удовлетворительными и в пределах рекомендуемых уровней (10^6 КОЕ/г) только в течение первых 14 дней хранения. Это указывает на дополнительные пробиотические преимущества продукта в дополнение к эффекту биоконсервирования в первые дни срока годности продукта [38].

Не только LAB, но и некоторые другие бактериальные штаммы, которые, как установлено, обладают пробиотическими свойствами, также оказывают антагонистическое действие против патогенов пищевого происхождения. *Gluconobacter asaii*, выделенный из яблочных поверхностей, проявлял эффективность в отношении *Listeria monocytogenes* и *Salmonella enterica* Serovar Poona на разрезанных яблоках во время хранения. *G. asaii* смог вырасти на срезах яблока и значительно сократил популяции *L. Monocytogenes* после 2 дней хранения при 25 °С. При 10 °С, хотя снижение патогенных популяций не было значительным, *G. asaii* уменьшал популяцию *L. Monocytogenes* на ~2,1-2,8 log после 5 дней хранения. При высоких уровнях вакцинации патогена *G. asaii* все еще способен уменьшать популяции в течение 7 дней хранения при обеих температурах. Кроме того, *G. asaii* уменьшал популяции *S. Enterica* Serovar Poona в течение 5 дней хранения при 25 °С. И что не менее важно, *G. asaii* не вызвал никакого потемнения в яблоках.

Таким образом, эти исследования показывают, что пробиотические штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* CIT3, *Lactocaseibacillus paracasei* M3B6, *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG и *Gluconobacter asaii* обладают значительным антагонистическим действием против распространенных патогенов пищевого происхождения и тем самым продлевают срок хранения свежесрезанных яблок.

Груши

Авторы Iglesias, Abadias et al. изучали эффективность пробиотиков *Lactobacillus acidophilus* LA-5 и *Lb. rhamnosus* GG (LGG) против сальмонелл и *L. monocytogenes* на свежесрезанной груше при разных температурах хранения (5, 10 и 20 °С). LGG уменьшал популяции сальмонеллы *L. monocytogenes* на 2- и 3-логарифмические единицы соответственно при 10 и 20 °С. Напротив, *Lb. Acidophilus* не оказывает антагонистического действия на патогенные штаммы. В течение 10 дней хранения популяции пробиотиков поддерживались на уровне 10^7 – 10^8 КОЕ/г независимо от температуры хранения. Эти результаты свидетельствуют о том, что LGG может быть использован для контроля роста сальмонеллы и *L. monocytogenes* в свежесрезанных долек груш [39]. В другом исследовании Iglesias, Echeverria et al. [40] оценивали антагонистическую способность пробиотического штамма *Lb. rhamnosus* GG (LGG) против смеси из 5 биотипов сальмонеллы и 5 *L. monocytogenes*. Их анализировали на свежесрезанной груше в условиях, имитирую-

щих производственные условия, в течение 9 дней хранения в холодильнике (5 °С). Во время хранения LGG контролировал рост *L. monocytogenes* (популяция патогенов сократилась на ~1,8 логарифмических единиц) и выживал при хранении в модифицированной среде. Однако никакого влияния на сальмонеллу не наблюдалось. Применение LGG существенно не повлияло на качественные характеристики (титруемая кислотность и содержание растворимых твердых веществ). Тем не менее летучие соединения, обнаруженные в свежесрезанной груше, обработанной LGG, по-видимому, положительно влияют на вкусовое восприятие продукта. Другое исследование показало, что LGG вызывает снижение выживаемости *L. monocytogenes* в желудочно-кишечном тракте, а также адгезию и инвазию в клетки Caco-2 [41]. Эти результаты показывают, что LGG модифицирует патогенный потенциал *L. monocytogenes*.

Овоцы

Послеуборочная порча томатов, вызванная грибками, приводит к большим экономическим потерям для пищевой промышленности. Luz et al. [42] провели скрининг 9 штаммов LAB, выделенных из томатов, на противогрибковую активность против 33 грибковых штаммов, а затем использовали в качестве биоконсервантов томатов, привитых *Penicillium expansum* и *Aspergillus flavus*. Наибольшая противогрибковая активность наблюдалась у бесклеточных экстрактов *Lactiplantibacillus plantarum* TR7 и *Lb. plantarum* TR71. Установлено, что противогрибковую активность оказывали органические кислоты, фенольные кислоты и летучие органические соединения. Биоконсервирование томатов бесклеточными экстрактами двумя вышеуказанными штаммами LAB снизило количество микробов на 1,98–3,89 log и 10 спор/г по сравнению с теми, которые не ферментировались [42].

Применение бесклеточного супернатанта *Pediococcus* spp. (15 мл/г) показало повышенную сохранность клубники, кукурузы, помидоров и шампиньонов. Так, например, необработанные образцы томатов и кукурузы оставались свежими только в течение 6 дней, а обработанные образцы томатов и кукурузы оставались свежими в течение 13 и 20 дней соответственно. Более того, это исследование показало, что 100 г/л бесклеточного супернатанта *Pediococcus* spp. показало антимикробный потенциал против *E. Coli* и *Shigella* spp. Следует также отметить, что обработка *Pediococcus* spp. способствовала более эффективной сохранности этих продуктов по сравнению с хими-

ческими консервантами сульфатом натрия и бензоатом натрия. Микробное качество образцов пищевых продуктов, обработанных *Pediococcus* spp., показало значительно более низкое общее количество бактерий по сравнению с химическими консервантами. Эти результаты свидетельствуют о том, что бактериоцин-продуцирующие виды *Pediococcus* обеспечивают увеличенный срок годности для определенных сортов пищевых продуктов и могут быть использованы в качестве биоконсервантов [43-44].

Прочие продукты питания

Современные потребители заинтересованы в здоровом питании и минимально обработанных продуктах питания. Содержание холестерина в молочных продуктах и аллергические реакции на молочные белки способствуют развитию немолочных пробиотических продуктов. Множество вариантов для разработки пробиотических продуктов предлагается из растительного сырья, такого как бобовые, зерновые, овощи, фрукты и их комбинации. Растет спрос на использование природных противомикробных веществ для защиты пищевых продуктов и замены синтетических добавок в пищевых продуктах. Различные пробиотические микроорганизмы, в частности молочнокислые бактерии, могут способствовать удовлетворению запросов потребителей. Метаболитами, продуцируемыми пробиотиками, являются перекись водорода, диацетиловые соединения, ацетон, ацетальдегид, этанол, реутерициклин, реутерин, углекислый газ и, самое главное, природные кислоты и бактериоцины. Способность использовать метаболит бактериоцин, продуцируемый пробиотиками, показывает его эффективность в качестве биоконсерванта. Эта антибактериальная методология может стать потенциальным решением для поднятия опасений по поводу патогенных бактерий и устойчивых к антибиотикам штаммов в растительных продуктах питания. Рекомбинантные пробиотики с хорошими антимикробными характеристиками могут быть разработаны с использованием пробиотических микроорганизмов [45].

Lactiplantibacillus plantarum является одним из видов LAB, который используется в качестве основного источника процесса ферментации, используемого в пробиотических ферментированных пищевых продуктах. *Lb. plantarum* производит экзополисахариды, молочную кислоту и биологически активные соединения, которые носят антибактериальный характер. Они показывают потенциальную активность в отношении патогенов пищевого происхождения, при-

сутствующих внутри кишечника человека [46]. Продление срока годности может быть достигнуто либо за счет включения пробиотиков в состав продукта, либо путем их включения в активную упаковку в виде антимикробных пленок [47]. Альтернативы йогурту на растительной основе преимущественно производятся с использованием сои или кокоса (с низким содержанием белка и высоким содержанием насыщенных жиров).

Lactobacillus xylosus проявляет пробиотическую, а также бактериоциногенную активность. Эти виды продуцировали бактериоцины, которые ингибировали *S. aureus* и *E. coli*. Было установлено, что антибактериальная активность сохраняется в широком диапазоне pH и температурных обработок. Снижение бактериальной нагрузки наблюдалось за счет наличия бактериоцинов. Это исследование показывает возможность применения штамма *L. xylosus* в качестве потенциальных пробиотиков и использования их бактериоцинов в качестве биоконсервантов [48].

Изоляты молочнокислых бактерий, полученные из нектара кокосовой пальмы, который ферментируется естественным путем, были проанализированы на чувствительность к антибиотикам, антимикробную и антиоксидантную активность. Изоляты показали эффективные пробиотические свойства, наряду с противогрибковой и антибактериальной активностью. Это показывает, что молочнокислые бактерии, выделенные из нектара кокосовой пальмы, благоприятны для использования в качестве консервантов в функциональных ферментированных продуктах [49]. Синергетическое действие молочнокислых бактерий, которые являются пробиотиком, может быть использовано для биосохранения эмульгированных продуктов и косметических продуктов. Помимо непосредственного добавления биомолекул, обладающих антимикробными свойствами, добавление живых бактерий с биозащитной природой является перспективным подходом к производству более безопасных пищевых продуктов [50-51].

Заключение

Пробиотики играют важную роль в снижении восприимчивости человека к патогенам. Проводить сравнение имеющихся научных данных было бы не совсем правильно, так как многие авторы использовали различные пробиотические штаммы, продолжительность обработки, дозировку. Кроме того, на сегодняшний день количество проведенных исследований ограничено. Все пробиотики показывают раз-

личное действие в продуктах и разную реакцию на виды и штаммы микроорганизмов. В связи с этим необходимо проводить дальнейшие исследования для определения оптимальных видов, доз и составов при использовании пробиотиков в растительном пищевом сырье.

Биоконсервация может быть объединена с другими методами обработки для решения проблем безопасности пищевых продуктов. В качестве примера этого можно привести исследование свежесрезанной груши сорта «Конференция». Сочетание обработки кальцием в послеуборочной фазе, погружения в антиоксидантный раствор и биоконсервации с пробиотиками было применено для повышения безопасности и общего качества свежесрезанных груш. Пробиотический микроорганизм *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG использовали для оценки антиоксидантной активности и общего фенольного содержания в свежесрезанных фруктах [52].

Растительные пищевые продукты, дополненные пробиотическими микроорганизмами, обеспечивают желаемые преимущества для здоровья потребителей, используя свои биоконсервативные свойства для увеличения срока годности пищевых продуктов. Новые тенденции, такие как замена молока животного происхождения пробиотическим молоком растительного происхождения, показывают эффективное использование пробиотиков в немолочных продуктах [53]. Современная пищевая промышленность работает в направлении использования безопасных и эффективных методов консервирования. Экологические проблемы, токсичность и побочные эффекты, вызванные длительным применением химических консервантов, обуславливают необходимость использования пробиотических микроорганизмов в области сохранения пищевых продуктов. Биоконсервация, как известно, является будущим сохранения пищевых продуктов. Как метод консервирования, она показывает высокую эффективность по сравнению с другими методами за счет снижения вредного воздействия на окружающую среду и положительно влияет на здоровье потребителей [54-55]. При этом нельзя забывать и не учитывать, что снижение микробного загрязнения при переработке, хранении и реализации является ключевым фактором обеспечения безопасности как растительных, так и животных продуктов питания и напитков.

В настоящее время потребители отдают предпочтение продуктам питания, которые минимально обработаны, более натуральны и безопасны для употребления. Пробиотики имеют широкий спектр применения

в молочной промышленности. Таким образом, изучение их применения в немолочном растительном пищевом секторе необходимо в связи с растущим спросом на растительные пищевые продукты. Кроме того, новые применения пробиотиков в растительном источнике сырья становятся очень популярными. Как известно, на сегодняшний день многие патогены проявляют устойчивость к антибиотикам, поэтому способ биоконсервирования имеет большое значение. Применение пробиотиков является перспективным методом для увеличения срока годности и обеспечения качества продуктов питания и напитков из растительного сырья. Необходимо проводить дальнейшие исследования по изучению характеристики и способа доставки пробиотиков с целью определения подходящих штаммов, дозы и условий проведения ферментации, с целью обеспечения качества продукта и его безопасности. Следует отметить, что данная область мало изучена. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на замене методологий сохранения химических веществ биоконсервированием для обеспечения безопасности продуктов питания и охраны окружающей среды. Особо следует отметить, что использование пробиотиков в качестве биоконсервантов будет достойной альтернативой химическим консервантам в продуктах питания. Продукты с пробиотиками могут использоваться потребителем в качестве продуктов профилактического и функционального назначения.

Список литературы

1. Hill C. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // Nature reviews Gastroenterology & hepatology. 2014. V. 11. P. 506–514. DOI: 10.1038/nrgastro.2014.66.
2. Hemarajata P., Versalovic J. Effects of probiotics on gut microbiota: mechanisms of intestinal immunomodulation and neuromodulation // Therapeutic advances in gastroenterology. 2013. V. 6. P. 39–51. DOI: 10.1177/1756283X12459294.
3. Cunningham M., Vinderola G., Charalampopoulos D., Lebeer S., Sanders M.E., Grimaldi R. Applying probiotics and prebiotics in new delivery formats-Is the clinical evidence transferable // Trends Food Sci. Technol. 2021. V. 112. P. 495–506. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.04.009.
4. Neffe-Skocińska K., Rzepkowska A., Szydłowska A., Kołozyn-Krajewska D. Trends and Possibilities of the Use of Probiotics in Food Production // In Alternative and Replacement Foods; Elsevier: Amsterdam. 2018. V. 17. P. 65–94.
5. Dhundale V. et al. Evaluation and exploration of lactic acid bacteria for preservation and extending the shelf life of fruit // International Journal of Fruit Science. 2018. V. 18. No. 4. P. 355-368. DOI: 10.1080/15538362.2018.1435331.
6. Bintsis T. Foodborne pathogens // AIMS Microbiol. 2017. V. 3. P. 529–563. DOI: 10.3934/microbiol.2017.3.529.
7. CDC. What Is a Foodborne Disease Outbreak and Why Do They Occur. URL: <http://www.cdc.gov/foodsafety/facts.htm#whatisanoutbreak> (accessed on 19.04.2023).

8. McFarland L.V. From yaks to yogurt: the history, development, and current use of probiotics // *Clinical Infectious Diseases*. 2015. V. 60. No. 2. P. S85-S90. DOI: 10.1093/cid/civ054.
9. Kok C.R., Hutkins R. Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria // *Nutrition reviews*. 2018. V. 76. No. 1. P. 4-15. DOI: 10.1093/nutrit/nuy056.
10. Umair M. et al. Probiotic-Based bacteriocin: Immunity supplementation against viruses. An updated review // *Frontiers in Microbiology*. 2022. V. 13. P. Art. 876058.
11. Nath S., Chowdhury S., Dora K.C., Sarkar S. Role of biopreservation in improving food safety and storage // *Int. J. Eng. Res. Appl.* 2014. V. 4. P. 26–32.
12. Bourdichon F et al. The forgotten role of food cultures // *FEMS Microbiol. Lett.* 2021. V. 368. P. fnab085. DOI: 10.1093/femsle/fnab085.
13. Oluk C.A., Karaca O.B. The Current Approaches and Challenges of Biopreservation // *In Food Safety and Preservation*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 2018. P. 565–597.
14. García P., Rodríguez L., Rodríguez A., Martínez B. Food biopreservation: Promising strategies using bacteriocins, bacteriophages and endolysins // *Trends Food Sci. Technol.* 2010. V. 21. P. 373–382. DOI: 10.1016/j.tifs.2010.04.010.
15. Sharif Z.I.M. et al. Review on methods for preservation and natural preservatives for extending the food longevity // *Chemical Engineering Research Bulletin*. 2017. V. 19. P. 145. DOI: 10.3329/ceerb.v19i0.33809.
16. Campêlo M.C.S., Medeiros J.M.S., Silva J.B.A. Natural products in food preservation // *International Food Research Journal*. 2019. V. 26. P. 41–46.
17. Dwivedi S., Prajapati P., Vyas N., Malviya S., Kharia A. A Review on Food Preservation: Methods, harmful effects and better alternatives // *Asian J. Pharm. Pharmacol.* 2017. V. 3. P. 193–199.
18. Silva M.M., Lidon F. Food preservatives—An overview on applications and side effects // *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2016, V. 28. P. 366–373. DOI: 10.9755/ejfa.2016-04-351.
19. Mariotti F. (ed.). Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention. // Academic Press. 2017. 25 p.
20. Ranadheera C.S., Vidanarachchi J.K., Rocha R.S., Cruz A.G., Ajlouni S. Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. non-dairy beverages // *Fermentation*. 2017. V. 3. P. 67. DOI: 10.3390/fermentation3040067.
21. Žuntar I., Petric Z., Kovacević D.B., Putnik P. Safety of probiotics: Functional fruit beverages and nutraceuticals // *Foods*. 2020. V. 9. P. 947. DOI: 10.3390/foods9070947.
22. Bimbo F., Bonanno A., Nocella G., Viscecchia R., Nardone G., De Devitiis B., Carlucci D. Consumers' acceptance and preferences for nutrition-modified and functional dairy products: A systematic review // *Appetite*. 2017. V. 113. P. 141–154. DOI: 10.1016/j.appet.2017.02.031.
23. Afzaal M., Saeed F., Arshad M.U., Nadeem M.T., Saeed M., Tufail T. The Effect of Encapsulation on The Stability of Probiotic Bacteria in Ice Cream and Simulated Gastrointestinal Conditions. *Probiotics Antimicrob* // *Proteins*. 2019. V. 11. P. 1348–1354.
24. Afzaal M. et al. Encapsulation of *Bifidobacterium bifidum* by internal gelation method to access the viability in cheddar cheese and under simulated gastrointestinal conditions // *Food Science & Nutrition*. 2020. V. 8. P. 2739–2747. DOI: 10.1002/fsn3.1562.
25. Zendeboodi F. et al. Probiotic: conceptualization from a new approach // *Current Opinion in Food Science*. 2020. V. 32. P. 103-123. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.03.009.
26. Sarao L.K., Arora M. Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2017. V. 57. No. 2. P. 344-371. DOI: 10.1080/10408398.2014.887055.
27. Ryan J. et al. Microbial, physico-chemical and sensory characteristics of mango juice-enriched probiotic dairy drinks // *International Journal of Dairy Technology*. 2020.V. 73. P. 182–190. DOI: 10.1111/1471-0307.12630.
28. Plaza-Diaz J. et al. Mechanisms of action of probiotics // *Advances in nutrition*. 2019. V. 10. P. S49–S66. DOI: 10.1093/advances/nmaa042.
29. Mitra S., Ghosh B.C. Quality characteristics of kefir as a carrier for probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG // *International Journal of Dairy Technology*. 2020. V. 73. P. 384–391. DOI: 10.1111/1471-0307.12664.
30. Likotrafiti E. et al. In vitro evaluation of potential antimicrobial synbiotics using *Lactobacillus kefir* isolated from kefir grains // *International Dairy Journal*. 2015. V. 45. P. 23-30. DOI: 10.1016/j.idairyj.2015.01.013.
31. Hu D. et al. Evaluation of *Pediococcus pentosaceus* strains as probiotic adjunct cultures for soybean milk post-fermentation // *Food Research International*. 2021. V. 148. P. 110570. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110570.
32. Xu Y., Zhao H., Yan X., Zhao S. Preparation of a probiotic rice tablet: Sensory evaluation and antioxidant activity during gastrointestinal digestion // *LWT*. 2020. V. 124. P.108911. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108911.
33. Russo P. et al. Probiotic lactic acid bacteria for the production of multifunctional fresh-cut cantaloupe // *Food Research International*. 2015. V. 77. P. 762–772. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.08.033.
34. Trias R. et al. Bioprotection of Golden Delicious apples and Iceberg lettuce against foodborne bacterial pathogens by lactic acid bacteria // *International journal of food microbiology*. 2008. V. 123. P.50–60. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.065.
35. Leverentz B. et al. Biocontrol of the food-borne pathogens *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* serovar Poona on fresh-cut apples with naturally occurring bacterial and yeast antagonists // *Applied and environmental microbiology*. 2006. V. 72. No. 2. P. 1135-1140.
36. Siroli L., Patrignani F., Serrazanetti D.I., Tabanelli G., Montanari C., Gardini F., Lanciotti R. Lactic acid bacteria and natural antimicrobials to improve the safety and shelf-life of minimally processed sliced apples and lamb's lettuce // *Food Microbiol.* 2015. V. 47. P. 74–84. DOI: 10.1016/j.fm.2014.11.008.
37. Röbke C. et al. Evaluation of fresh-cut apple slices enriched with probiotic bacteria // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2010. V. 11. P. 203–209. DOI: 10.1016/j.ifset.2009.08.016.
38. Alegre I., Viñas I., Usall J., Anguera M., Abadías M. Microbiological and physicochemical quality of fresh-cut apple enriched with the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG // *Food Microbiol.* 2011. V. 28. P. 59–66. DOI: 10.1016/j.fm.2010.08.006.
39. Iglesias M.B. et al. Antagonistic effect of probiotic bacteria against foodborne pathogens on fresh-cut pear // *LWT-Food Science and Technology*. 2017. V. 81. P. 243–249. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.03.057.
40. Iglesias M.B., Echeverría G., Viñas I., López M.L., Abadías M. Biopreservation of fresh-cut pear using *Lactobacillus rhamnosus* GG and effect on quality and volatile compounds // *LWT-Food Science and Technology*. 2018. V. 87. P. 581–588. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.09.025.
41. Iglesias M.B. et al. Adhesion and invasion of *Listeria monocytogenes* and interaction with *Lactobacillus rhamnosus* GG after habituation on fresh-cut pear // *Journal of Functional Foods*. 2017. V. 34. P. 453-460. DOI: 10.1016/j.jff.2017.05.011.
42. Luz C. et al. Biopreservation of tomatoes using fermented media by lactic acid bacteria // *LWT*. 2020. V. 130. P. 109618. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109618.
43. Skariyachan S., Govindarajan S. Biopreservation potential of antimicrobial protein producing *Pediococcus* spp. towards selected food samples in comparison with chemical preservatives // *International journal of food microbiology*. 2019. V. 291. P. 189-196. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.002.

44. Paz P.C., Janny R.J., Håkansson Å. Safeguarding of quinoa beverage production by fermentation with *Lactobacillus plantarum* DSM 9843 // *International journal of food microbiology*. 2020. V. 324. P. 108630. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108630.
45. Monika K. et al. Antimicrobial Property of Probiotics // *Environment Conservation Journal*. 2021.V. 22. P. 33–48. DOI: 10.36953/ECJ.2021.SE.2204.
46. Al-Tawaha R., Meng C. Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications: A review // *Adv. Environ. Biol*. 2018.V. 12. P. 16–27.
47. Axel C., Zannini E., Arendt E.K. Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension // *Critical Reviews in food science and nutrition*. 2017. V. 57. P. 3528–3542. DOI: 10.1080/10408398.2016.1147417.
48. Rahman M.A. et al. *Lactobacillus xylosum* isolated from butter showed potentiality to be used as probiotic and biopreservative // *Asian Journal of Medical and Biological Research*. 2020. V. 6. P. 27–37. DOI: 10.3329/ajmbr.v6i1.46476.
49. Somashekaraiah R., Shruthi B., Deepthi B.V., Sreenivasa M.Y. Probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from neera: A naturally fermenting coconut palm nectar // *Front. Microbiol*. 2019.V. 10. P. 1382. DOI: 10.3389/fmicb.2019.01382.
50. Kostov G. et al. Biopreservation of emulsified food and cosmetic products by synergistic action of probiotics and plant extracts: A Franco-Bulgarian perspective // *Food Science and Applied Biotechnology*. 2020. V. 3. P. 167. DOI: 10.30721/fsab2020.v3.i2.93.
51. Paredes-Toledo J. Roasted chickpeas as a probiotic carrier to improve *L. plantarum* 299v survival during storage // *LWT-Food Science and Technol*. 2021. V. 146. P. 111471. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111471.
52. Zudaire L. et al. Evaluation of postharvest calcium treatment and biopreservation with *Lactobacillus rhamnosus* GG on the quality of fresh-cut 'Conference' pears // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. V. 98. No. 13. P. 4978–4987. DOI: 10.1002/jsfa.9031.
53. Rasika D.M.D. et al. Plant-based milk substitutes as emerging probiotic carriers // *Current Opinion in Food Science*. 2021. V. 38. P. 8–20. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.10.025.
54. Chugh B., Kamal-Eldin A. Bioactive compounds produced by probiotics in food products // *Current Opinion in Food Science*. 2020. V. 32. P. 76–82. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.02.003.
55. More A.S. et al. Biomarkers associated with quality and safety of fresh-cut produce // *Food Bioscience*. 2020. V. 34. P. 100524. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.100524.