

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

УДК 663.8

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ
L. PLANTARUM ДЛЯ ФЕРМЕНТАЦИИ ФРУКТОВЫХ СОКОВ**

Бурак Л.Ч.

ООО «Белросаква», Минск, e-mail: leonidburak@gmail.com

Необходимость разработки и производства ферментированных фруктовых соков вызвана повышенным спросом потребителей в связи с увеличением случаев непереносимости лактозы и растущей популярностью таких пищевых тенденций, как веганство. Цель работы – краткий обзор последних результатов исследований, касающихся применения *L. plantarum* для ферментации фруктовых соков. Анализ зарубежных научных публикаций свидетельствует о том, что многие фруктовые соки были исследованы и оценены на предмет их пригодности в качестве источника сырья для молочнокислого брожения. Используемые в этих целях молочнокислые бактерии (LAB) изучались и оценивались по результатам сбраживания различных фруктовых соков. Особый интерес представляют LAB *Lactiplantibacillus (Lpb.) L. plantarum*, поскольку они обладают пластичностью генома, а также высокой универсальностью и гибкостью, что необходимо эффективно использовать для ферментации фруктовых соков. Фруктовые соки являются подходящими субстратами для молочнокислого брожения. Ферментация фруктовых соков дает возможность получать напитки без лактозы, со специфическим вкусом, пониженным содержанием сахара и содержанием полезных биологически активных соединений, которые могут быть профилактическим средством в борьбе с метаболическими заболеваниями. *L. plantarum* обладает широким набором ферментов, способствующих образованию многих биоактивных соединений, бактериоцинов и EPS, которые обладают антимикробными, антиоксидантными и пробиотическими свойствами. Применение пробиотических штаммов *L. plantarum*, для ферментации фруктовых соков позволяет создавать пищевые продукты с увеличенным сроком хранения, повышенной пищевой ценностью и улучшенными органолептическими показателями.

Ключевые слова: фруктовые соки, ферментация, пробиотики, *L. plantarum*, ферменты, фенолы, биологическая активность, органолептические показатели

**PROSPECTS FOR THE USE OF LACTIC BACTERIA *L. PLANTARUM* FOR
FRUIT JUICE FERMENTATION. REVIEW**

Burak L.Ch.

Belrosakva Limited Liability Company, Minsk, e-mail: leonidburak@gmail.com

The need to develop and produce fermented fruit juices is driven by increased consumer demand, due to the increase in cases of lactose intolerance and the growing popularity of food trends such as veganism. The purpose of this work is to briefly review the latest research results regarding the use of *L. plantarum* for the fermentation of fruit juices. An analysis of foreign scientific publications indicates that many fruit juices have been investigated and evaluated for their suitability as a source of raw materials for lactic acid fermentation. The lactic acid bacteria (LAB) used for this purpose has been studied and evaluated in the fermentation of various fruit juices. LABs of *Lactiplantibacillus (Lpb.) L. plantarum* are of particular interest because they have genome plasticity as well as high versatility and flexibility, which should be effectively used for fruit juice fermentation. Fruit juices are suitable substrates for lactic acid fermentation. Fermentation of fruit juices makes it possible to obtain lactose-free drinks with a specific taste, reduced sugar content and the content of useful biologically active compounds, which can be a prophylactic in the fight against metabolic diseases. *L. plantarum* has a wide range of enzymes that promote the formation of many bioactive compounds, bacteriocins and EPS, which have antimicrobial, antioxidant and probiotic properties. The use of probiotic strains of *L. plantarum* for the fermentation of fruit juices allows you to create food products with an extended shelf life, increased nutritional value and improved organoleptic characteristics.

Keywords: fruit juices, fermentation probiotics, enzymes, phenolic resins, lab lactiplantibacillus, biological activity, organoleptic characteristics

Одним из направлений инновационного развития в пищевой промышленности является создание новых продуктов функционального и профилактического назначения. Употребление таких продуктов положительно влияет на микробный состав кишечника и позволяет предотвратить различные заболевания, связанные с образом жизни. Кроме того, функциональные продукты имеют значение и с точки зрения экологии в силу того, что они обуславливают повышение

резистентных свойств организма человека к неблагоприятным условиям окружающей среды [1]. В настоящее время многие потребители пищевых продуктов отдают предпочтение здоровому питанию, продуктам без добавок, поэтому создание продуктов питания функционального и профилактического назначения является приоритетным для пищевых предприятий.

Функциональные пищевые продукты – это продукты, которые помимо естествен-

ного значения пищи для организма человека оказывают влияние на определенные функции человеческого организма и укрепляют здоровье в целом [2]. Функциональные продукты питания включают в себя в основном пробиотики, пребиотики и, в последнее время, симбиотики [3, 4]. Молочные продукты, такие как сыр, простокваша, йогурт и другие, принято считать основными представителями пробиотических продуктов. Однако в последние несколько лет в качестве пробиотических субстратов разрабатываются другие альтернативные пищевые продукты [5, 6]. Основная причина необходимости разрабатывать альтернативные продукты заключается в том, что существуют категории потребителей с различными отклонениями в состоянии здоровья, такими как непереносимость лактозы, аллергия к казеину, одному из основных белков, присутствующих в молоке [7, 8]. Поэтому в качестве альтернативы молочным продуктам многие исследователи рассматривают зерновые, овощи и фрукты в ферментированной и неферментированной формах [9]. В частности, фруктовые соки считаются хорошими субстратами для пробиотиков [10, 11]. Многие фруктовые соки были исследованы и оценены на предмет их пригодности в качестве жизнеспособных и стабильных для сохранения пробиотиков путем ферментации молочной кислоты. Тем не менее ферментация представляет собой сложный процесс, который требует подбора необходимых технологических параметров и осуществления контроля для достижения качественных органолептических показателей и сохранения функциональности и жизнеспособности пробиотических клеток. Точно так же к критическим параметрам необходимо отнести правильный выбор закваски для ферментации фруктовых соков и возможные модификации фруктовых соков (до ферментации). Молочнокислые бактерии – общее название бактерий семейства *Lactobacillaceae*, основным свойством которых является способность образовывать молочную кислоту в качестве основного продукта брожения, являются наиболее распространенными микроорганизмами, применяемыми для ферментации фруктового сока. В частности, *Lactobacillus plantarum* или, как в последнее время стали называть *Lactiplantibacillus (Lpb.) Plantarum* subsp. *plantarum* [12] – перспективный хорошо изученный штамм ферментации фруктовых соков. Цель данной статьи – предоставить обзор последних результатов исследований, касающихся возможностей применения *L. plantarum* для ферментации фруктовых соков.

1. Молочнокислое брожение фруктовых соков

Спрос со стороны потребителей на фруктовые соки, нектары и готовые сокодержательные напитки за последнее десятилетие во всем мире значительно увеличился [13], так как предпочтения потребители отдают качественным, минимально обработанным продуктам, а также их пищевой ценности [14]. Фруктовые соки содержат значительное количество пищевых волокон, антиоксидантов, полифенолов, минералов и витаминов. Срок годности свежих фруктовых соков очень короткий и колеблется от 5 до 7 дней при температуре 4 °С, поэтому для увеличения срока годности и сохранения продукта применяют различные методы термической и нетермической обработки, а также внесение консервантов [15–17]. Молочнокислое брожение фруктовых соков может быть хорошей альтернативой и в полной мере удовлетворить запросы и предпочтения потребителей. Анализ научных публикаций свидетельствует о нескольких исследованиях, подтверждающих явное положительное влияние на продление срока хранения фруктовых соков ферментации с помощью молочнокислых бактерий (LAB). Результат ферментации зависит от вида фруктового сока и его химического состава, применяемого штамма, а также от условий ферментации и хранения (время, температура и т.д.). Молочнокислое брожение фруктовых соков может сохранить или улучшить потребительские качества, пищевую ценность и органолептические показатели конечного продукта [18, 19]. Данный процесс также считается мягким методом консервирования, с минимальной обработкой [20]. Наиболее распространенной группой бактерий, применяемой для молочнокислого брожения фруктовых соков, является *lactic acid bacteria* (LAB).

Несколько исследований с указанием соответствующих преимуществ представлены в таблице.

Следует отметить, что ферментированный гранатовый сок с LAB хранился в холодильнике в течение 45 дней (примерно на 38 дней больше, чем неферментированный сок) при температуре 4 °С без каких-либо добавок [32]. Добавление ферментированного LAB сока дыни к свежему соку дыни, хранящемуся при 8 °С, продлило срок хранения конечного продукта на 6 месяцев [33]. Микробиологической порчи ферментированного гранатового сока *L. plantarum* ATCC 14917 не наблюдалось после 28 дней хранения в холодильнике при температуре 4 °С, тогда как свежий гранатовый сок обычно портится в течение 5–7 дней при хранении в холодильнике при 4 °С.

Примеры ферментированных фруктовых соков с различными штаммами LAB (включая *L. plantarum*) отдельными культурами или смешанными

Фруктовые соки	Используемые штаммы	Полученные результаты	Источник
Сок шелковицы	<i>L. plantarum</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. paracasei</i>	Повышение общей антоциановой, фенольной, антиоксидантной активности	[21]
Гранатовый сок	<i>L. plantarum</i>	Повышение антимикробной активности. Повышено содержание летучих свободных жирных кислот. Лучшие органолептические свойства и состав летучих соединений	[22]
Гранатовый сок	<i>L. plantarum</i>	Улучшенные сенсорные характеристики. Улучшение ТРС и антиоксидантной активности	[23]
Гранатовый сок	<i>L. paracasei</i>	Улучшенные сенсорные характеристики. Повышение ТРС и антиоксидантной активности	[13, 24]
Вишневый сок	<i>L. paracasei</i>	Повышение ТРС и антиоксидантной активности	[25]
Яблочный сок свежавыжатый	<i>B. bifidum</i> , <i>B. longum</i> subsp. <i>Infantis</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. mesenteroides</i> , <i>L. johnsonii</i>	Повышенная антиоксидантная активность. Модификация типа и содержания фенола. Возможное пребиотическое действие фенольных смол на молочнокислые бактерии. Содержащиеся пребиотические олигосахариды (<i>mesenteroides</i>) усиливали рост <i>L. johnsonii</i>	[26]
Свежавыжатые соки дыни и яблока	<i>L. casei</i>	Образование новых ароматических соединений	[27]
Яблочный сок	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. plantarum</i> .	Улучшенный состав летучих соединений	[28]
Яблочный сок	<i>L. plantarum</i>	Улучшенный состав летучих соединений. Повышенная антиоксидантная способность и биодоступность полифенолов	[29]
Сок бузины	<i>L. plantarum</i>	Улучшенный состав летучих соединений	[19]
Клюквенный сок	<i>L. paracasei</i>	Синергетический и аддитивный антибактериальный эффект комбинации ферментированного клюквенного сока и антибиотиков	[30]
Фруктовый сок	<i>L. paracasei</i>	Повышение общего содержания полифенолов и антиоксидантной активности	[31]

Тем не менее на функциональность и физиологический статус LAB во время молочнокислого брожения и хранения сброженных соков в холодильнике может повлиять воздействие определенных факторов, таких как кислота и холод. В частности, некоторые очень кислые фруктовые соки, такие как клюквенный (pH 2,7), гранатовый (pH 3,0–3,5), лимонный и лаймовый сок (pH 2,8) [34], оказывают серьезное влияние на жизнеспособность LAB, [35] во время процесса производства и хранения [36]. В частности, касаясь пробиотических штаммов LAB, выживание в неблагоприятных условиях является важным критерием сохранности пробиотиков [37]. Воздействия неблагоприятных факторов можно избежать, используя предварительную адапта-

цию, инкапсуляции, а также смешивание со вторым соком и правильный выбор пробиотических штаммов LAB.

Наиболее распространенным способом адаптации к стрессу является изменение питательной среды и/или условий инкубации. Преадаптивная или адаптивная эволюция [38] включает в себя воздействие на микроорганизмы сублетального стресса (pH, холод, осмотическое давление и т.д.). Воздействие этих факторов в течение ограниченного времени будет способствовать устойчивости к деформации при дальнейшем воздействии стресса более высокого уровня или другого стресса. Этот метод был применен в процессе молочнокислой ферментации фруктовых соков пробиотиками, и были получены положительные результаты [39–41].

Микрокапсулирование считается перспективным методом повышения жизнеспособности пробиотиков в функциональных напитках. Микрокапсулирование пробиотиков обеспечивает высокую степень сохранения пробиотических свойств и укрепления клеток в процессе различных физико-химических изменений, таких как pH, температура, соли желчных кислот и т.д. [42–45]. Помимо повышения жизнеспособности штаммов бактерий в пищевых продуктах еще одной целью микрокапсулирования пробиотиков является повышение устойчивости пробиотических клеток в желудочно-кишечном тракте. Были предложены различные методы микрокапсулирования пробиотических клеток, такие как эмульгирование, распылительная сублимационная сушка и экструзия, с многочисленными инкапсулирующими агентами [46]. Наиболее часто применяемыми инкапсулирующими агентами являются природные биополимеры, такие как альгинат и κ-каррагинан, а также пребиотики, такие как резистентный крахмал, инулин, фруктоолигосахарид и клетчатка [47]. Применение пребиотиков в качестве инкапсулирующих агентов кажется более приемлемым, поскольку это рентабельная технология в промышленных масштабах и дает обнадеживающие результаты [48, 49]. Функциональность LAB может быть значительно улучшена с помощью физических методов. Наиболее распространенная применяемая технология – ультразвук (УЗИ). Пробиотику *L. casei* NRRL B442 удастся выжить в течение как минимум 21 дня при 4 °C в обработанном ультразвуком ананасовом соке [50]. В другом исследовании *L. reuteri*, *L. plantarum*, *L. casei*, бифидобактерии и пропионибактерии обрабатывали УЗИ перед инокуляцией в натуральном рисовом напитке, в результате pH и вкусовые показатели сохранялись в течение 7 дней [51, 52]. Другой перспективный способ – добавление второго сока (свежего или ферментированного) к основному. Основная причина такой обработки – небольшое повышение низкого значения pH основного сока, чтобы повысить выживаемость пробиотического штамма. Точно так же для этой цели был предложен морковный сок, так как он имеет значение pH около 6. Кроме того, добавление 5% сока ацеролы к апельсиновому соку предотвращало образование углекислого газа в течение трех недель и не влияло на содержание пробиотиков в течение четырех недель хранения при 8 °C [53].

Следует отметить, что тип штаммов LAB, применяемых для молочнокислого брожения, также имеет решающее значе-

ние, поскольку клетки могут выдерживать воздействие физико-химических параметров фруктового сока (особенно низкие значения pH). В последнее время штаммы пробиотических LAB привлекают к себе внимание, поскольку считаются штаммами с устойчивостью к кислоте. Однако есть примеры, что жизнеспособность некоторых пробиотиков также может снижаться во время ферментации и хранения молочной кислоты, особенно при низких температурах в течение более 14 дней. В целом фруктовое сырье может влиять на жизнеспособность пробиотиков как положительно, так и отрицательно. Кроме того, снижение жизнеспособности пробиотиков неизбежно при хранении ферментированных фруктовых соков в холодильнике более трех недель. Главная проблема в уровне снижения, особенно пробиотических штаммов. Например, пробиотик *L. reuteri* сильно зависит от вида сока. Он сохранился в ананасовом, апельсиновом и яблочном соках, тогда как в красных фруктах он значительно снизился [54]. В другом исследовании жизнеспособность пробиотических клеток *L. plantarum* ATCC 14917 в соке кизиловой вишни снизилась примерно в 4 раза после 28 дней холодного хранения, в то время как мякоть асаи улучшила жизнеспособность *L. acidophilus*, *B. animalis ssp. lactis* и *B. longum* в течение четырех недель хранения в холодильнике. Тем не менее большинство пробиотических штаммов, применяемых для молочнокислого брожения фруктового сока, сохраняют свою жизнеспособность до минимального предела (6 log КОЕ/мл), и они могут придавать пробиотические свойства конечному продукту [55]. Таким образом, выбор подходящих LAB, способных преодолевать неблагоприятные условия окружающей среды в составе фруктового сока и, кроме того, улучшать функциональные характеристики сока, является возможным и перспективным. Поэтому и пробиотические штаммы *L. plantarum* в последнее время привлекают к себе повышенное внимание с целью использования для ферментации фруктового сырья.

2. Основные преимущества применения *L. plantarum* при ферментации пищевых продуктов

L. plantarum является безопасным микроорганизмом и широко используется в технологиях ферментации пищевых продуктов. Он также использовался в производстве пищевых пробиотиков, таких как штамм *L. plantarum* 299v, который широко применяется в промышленности [56]. Это факультативная гетероферментативная

форма LAB, которая может переносить комбинацию высокой кислотности и концентрации этанола и выживать в условиях, которые обычно фатальны для LAB. Адаптивность *L. plantarum* к процессу ферментации, его метаболическая гибкость и универсальность – вот некоторые из важнейших характеристик, которые делают его уникальным среди других LAB. *L. plantarum* был выделен из многочисленных источников пищи, таких как злаки, мясо, молочные продукты, овощи, фрукты и напитки [57, 58], а также из организма человека и млекопитающих. *L. plantarum* может адаптироваться к различным видам растительного сырья, вероятно, из-за размера его генома (в среднем 3,3 Мб), который является одним из крупнейших, обнаруженных в пределах рода *Lactobacillus* [59].

Кроме того, *L. plantarum* может участвовать в нескольких биохимических реакциях, обычно заканчивающихся необходимыми метаболитами, из-за своего специфического ферментативного состава. *L. plantarum* содержит множество внеклеточных ферментов, которые способствуют секреции и модификации белков, а также модификации и деградации внеклеточных соединений, что позволяет использовать такие молекулы в качестве источника питательных веществ [60]. В частности, *L. plantarum* обладает ферментами, такими как танназа, β-глюкозидаза, α-глюкозидаза и β-галактозидаза, *p*-декарбоксилаза кумаровой кислоты и общая декарбоксилаза, которые катализируют производство соединений с высокой добавленной стоимостью, таких как фенольные соединения, приводящие к образованию соединений, которые положительно влияют на аромат пищи и увеличивают антиоксидантную активность [62]. Производство арил-β-глюкозидаз *L. plantarum* инициирует повышение функционально (антиоксидантная активность и биодоступность) гликозилированных фенольных соединений. Кроме того, использование *L. plantarum* в различных растительных продуктах, таких как фруктовые соки, с высоким содержанием дубильных веществ, снижает фенольную терпкость, которая является причиной неприятного вкуса многих фруктовых соков [63].

В последнее время пробиотические штаммы *L. plantarum* были успешно применены в медицине с перспективными результатами. В частности, эффективность штаммов *L. plantarum* в лечении желудочно-кишечных расстройств, снижении холестерина и уменьшении симптомов синдрома раздраженного кишечника (СРК) была исследована и испытана на людях [64].

Несколько штаммов *L. plantarum* проявили антимикробную и антагонистическую активность против некоторых вредных микроорганизмов, противогрибковую активность и противовирусные эффекты. Кроме того, следует выделить широкий спектр бактериоцинов и экзополисахаридов (ЭПС), которые *L. plantarum* способен продуцировать. Бактериоцины обладают широким спектром антимикробной активности против грамположительных и грамотрицательных бактерий, в то время как ЭПС обладает потенциальными полезными для здоровья свойствами в отношении функциональных пищевых продуктов [65].

3. Применение штаммов *L. plantarum* при ферментации различных фруктовых соков

Штаммами *L. plantarum* было успешно ферментировано большое количество фруктовых соков, что привело к получению конечных продуктов с потенциально функциональными свойствами. Большинство из этих зарегистрированных положительных эффектов представлены нами в таблице, их можно обобщить следующим образом: усиление антиоксидантной активности, повышение общего содержания фенольных соединений и общего содержания антоцианов, продление срока хранения фруктовых соков и улучшение органолептических свойств полученных продуктов. Установлено, что *L. plantarum* ATCC14917 изменял фенольный состав яблочного сока после ферментации и увеличил его общую антиоксидантную способность, а также биодоступность полифенолов яблок [28]. Употребление человеком фенолов, содержащихся в пище, необходимо для проявления их полезных свойств в организме. В основном это оценивается по их химической структуре, которая зависит от таких факторов, как степень гликозилирования и конъюгации с другими фенольными соединениями [66].

С другой стороны, предприятия пищевой промышленности ищут способы производить новые продукты с повышенной питательной ценностью. Более того, есть много подтверждений того, что применение пробиотических бактерий при ферментации фруктовых соков может привести к получению конечного продукта с функциональными свойствами и особыми преимуществами для здоровья человека [67–69].

Несмотря на то, что *L. plantarum* обычно может размножаться при температурах от 15 до 30 °C и значениях pH, близких к 4 [70], существуют определенные пробиотические штаммы *L. plantarum* с хорошей переносимостью при низких значениях pH (приблизительно 3,2) и при низких темпе-

ратурах самих фруктовых соков (4–8 °С) [71]. Например, жизнеспособность пробиотика *L. plantarum* NCIMB 8826 снижалась при хранении в холодильнике (4 °С) соков клюквы, граната, лимона и лайма с начальными значениями pH примерно 3. Однако только в случае с соком лимона и соком лайма клетки были жизнеспособными до тридцать пятого дня. Это можно объяснить высокими уровнями фенольных соединений в клюквенном соке [32] и гранатовом соке, которые, как известно, обладают сильными антимикробными свойствами, и тем фактом, что клетки были преадаптированы к лимонной кислоте, которая является основным противомикробным соединением в соке лимона и лайма, что приводит к более высокой жизнеспособности этого сока по сравнению с другими [32]. В другом недавнем исследовании жизнеспособность клеток пробиотика *L. plantarum* ATCC14917 оставалась на высоком уровне в течение 21 дня холодного хранения (4 °С) ферментированного гранатового сока (первоначально 11,43 log КОЕ/мл) и снизилась до 8,83 log КОЕ/мл на четвертой неделе хранения сверх установленного срока для проявления пробиотических свойств. Такие же наблюдения были сделаны при хранении в холодильнике (4 °С) ферментированной кизиловой вишни и гранатового сока с *L. plantarum* ATCC 14917 и ферментированного сладкого лимонного сока (*Citrus Limetta*) с *L. plantarum* LS5 [70, 71].

Кроме того, *L. plantarum* положительно влияет на вкус фруктовых соков, приводя к более высокому содержанию желаемых летучих соединений во время ферментации. Молочнокислая ферментация сока *L. plantarum* значительно улучшила состав и выработку необходимых летучих соединений, что привело к усилению аромата и улучшенным органолептическим показателям. *L. plantarum* 285 продемонстрировал интересные свойства с точки зрения общего ароматического потенциала, а также типа летучих соединений, образующихся в результате кисломолочной ферментации сока бузины [17]. Ферментация черничных соков с *L. plantarum* повысила приемлемость конечного продукта [72].

Проведено исследование пригодности ананасового сока в качестве сырья для производства ферментированного пробиотического сока молочнокислыми бактериями *Lactobacillus plantarum* [73]. Три пробиотических образца сока, инокулированных *L. plantarum* (S-2), *L. fermentum* (S-3), а также *L. plantarum* и *L. fermentum* (S-4), сравнивали с контрольным образцом (S-1), где штаммы *Lactobacillus* не использова-

лись. Ферментацию проводили при 37 °С в течение 48 ч. Затем образцы сока хранили при 4 °С и изучали изменение их физико-химических свойств на 0, 7, 14 и 21 день. Было установлено, что *L. plantarum* способны выдерживать и использовать фруктовые соки для синтеза своих клеток, снижая содержание сахаров и увеличивая кислотность. Хотя молочнокислые культуры постепенно теряли свою жизнеспособность, количество жизнеспособных клеток этих штаммов оставалось на уровне 10⁷ КОЕ/100 мл после 14 дней хранения в холодильнике. Органолептическая оценка показала, что образец сока, приготовленный с *L. plantarum*, показал наилучшие результаты во время хранения. Следовательно, ананасовый сок можно использовать в качестве сырья для производства полезных пробиотических напитков профилактического и функционального назначения.

В проведенном исследовании [74] авторы сравнивали три потенциальных пробиотических штамма для ферментации соков черники и ежевики. Количество жизнеспособных клеток штаммов *L. plantarum* увеличилось на 0,7 log КОЕ/мл в среде с ягодным соком после 48-часовой ферментации. При этом содержание цианидин-3-глюкозида уменьшилось более чем на 30%. Установлено повышение содержания сиринговой кислоты, феруловой кислоты, галловой кислоты и молочной кислоты во время ферментации. Однако содержание протокатеховой кислоты, хлорогеновой и яблочной кислот незначительно уменьшилось. Соки как ежевики, так и черники, ферментированные *Lactobacillus plantarum*, показали самое высокое содержание молочной кислоты. Пробиотическая ферментация значительно улучшила органолептические показатели соков ежевики и черники.

Учитывая, что яблоки являются наиболее распространённым фруктовым сырьём, необходимо особо выделить научное исследование, проведенное китайскими и австралийскими учеными [75].

В этом исследовании для ферментации яблочного сока были выбраны три штамма молочнокислых бактерий (LAB), включая *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* и *Lactobacillus plantarum*. В течение 72 ч ферментации эти штаммы молочнокислых бактерий хорошо размножились в яблочном соке со значительным увеличением числа жизнеспособных клеток (с 7,5 log КОЕ/мл до 8,3 log КОЕ/мл) и содержания молочной кислоты (с 0 до 4,2 г/л). С 5,5 до примерно 3,8 снизилась pH. Кроме того, антиоксидантные и антибактериальные свойства ферментированного яблочного сока *in vitro* были значительно улучшены за счет мета-

близма фенольной и органической кислот. После хранения при 4 °С в течение 30 дней общее содержание аминокислот в сброженном яблочном соке значительно увеличилось, хотя количество жизнеспособных клеток и общее содержание фенолов снизилось ($p < 0,05$). Кроме того, хранящиеся ферментированные яблочные соки по-прежнему обладали антибактериальной и антиоксидантной активностью *in vitro*. В целом все отобранные штаммы молочнокислых бактерий могут быть пригодны для ферментации яблочного сока и могут эффективно улучшать их биологическую активность.

Следует отметить, что в процессе проводимых исследований, методом пробного сбраживания на сегодняшний день предприятиями пищевой промышленности, для производства различных пробиотических фруктовых напитков путем ферментации отобраны и в основном используются штаммы пробиотиков *L. plantarum* как отдельно, так и в совокупности со смешанными культурами. На рынке многих стран присутствуют такие продукты, как фруктовый напиток Probi-Bravo Friscus (Швеция) – *L. plantarum*, *L. Paracasei*; фруктовый напиток Danone-ProViva (Швеция, Финляндия) – *L. plantarum*; фруктово-овощное пюре, пробиотик для детей Garden of Life RAW (США) – *L. gasseri*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. Acidophilus*; фруктовый сок GoodBelly (США) – *L. plantarum* 299v; фруктово-овощной пробиотический напиток KeVita (США) – *B. coagulans*, *L. rhamnosus*, *L. Plantarum*; пробиотический фруктовый сок Life Probiotic (Австралия) – *L. plantarum*, *L. Casei* [76]. Предполагаемый способ использования и применения LАВ вполне может быть расширен, так как исследования продолжаются. Благодаря биологической активности, которую проявляют микроорганизмы, можно получать различные пробиотические продукты, укрепляющие иммунитет и способствующие профилактике различных заболеваний.

К сожалению, как видно из материала данного обзора, научных исследований и их практического применения в промышленности Российской Федерации и стран ЕАЭС ферментации фруктовых соков на момент написания рукописи нами практически не установлено. Хотя сырьевая база для создания таких продуктов имеется и производство ферментированных фруктовых соков, особенно яблочного, не требует больших материальных затрат.

Заключение

Фруктовые соки являются подходящими субстратами для молочнокислого бро-

жения. Ферментация фруктовых соков дает возможность получать напитки без лактозы, с пониженным содержанием сахара, со специфическим вкусом и содержанием полезных биологически активных соединений. *L. plantarum* можно считать универсальным видом, так как он содержит широкий набор ферментов, способствующих образованию биологически активных соединений, бактериоцинов и EPS, которые обладают антимикробными, антиоксидантными и пробиотическими свойствами. Применение пробиотических штаммов *L. plantarum* для брожения фруктовых соков является перспективным, поскольку это позволит создавать пищевые продукты с увеличенным сроком хранения, повышенной пищевой ценностью, улучшенными органолептическими показателями. Получаемые продукты могут использоваться в качестве функционального и профилактического напитка, способствующего укреплению иммунитета и профилактике заболеваний. Хотя различные отрасли пищевой промышленности, связанные с производством функциональных продуктов питания, включая использование в качестве сырья фруктов и овощей, широко используют штаммы пробиотиков *L. plantarum*, обновленные накопленные научные знания имеют первостепенное значение для оптимального использования штаммов *L. plantarum*. Результаты данной обзорной статьи могут быть использованы при проведении дальнейших научных исследований, а также специалистами пищевой промышленности при разработке ферментированных фруктовых напитков функционального и профилактического назначения.

Список литературы

1. Перфилова О.В., Магомедов Г.О., Бабушкин В.А., Зеленский А.А. Социальная значимость создания продуктов для здорового и функционального питания с использованием вторичного фруктово-овощного сырья // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 1. С. 41.
2. Oliveira A., Amaro A.L., Pintado M.A. Impact of Food Matrix Components on Nutritional and Functional Properties of Fruit-Based Products. *Curr. Opin. Food Sci.* 2018. Vol. 22. P. 153–159.
3. Mantzourani I., Plessas S., Odatzidou M., Alexopoulos A., Galanis A., Bezirtzoglou E., Bekatorou A. Effect of a Novel Lactobacillus Paracasei Starter on Sourdough Bread Quality. *Food Chem.* 2019. Vol. 271. P. 259–265.
4. Wong W.-Y., Chan B.D., Leung T.-W., Chen M., Tai W.C.-S. Beneficial and Anti-Inflammatory Effects of Formulated Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics in Normal and Acute Colitis Mice. *J. Funct. Foods.* 2022. Vol. 88. P. 104871.
5. James A., Wang Y. Health Benefits and Applications of Fruits and Vegetable Probiotics Characterization, *CyTA. Food.* 2019. Vol. 17. P. 770–780.
6. Vitali B., Minervini G., Rizzello C.G., Spisni E., Maccaferri S., Brigidi P. Novel Probiotic Candidates for Humans Isolated from Raw Fruits and Vegetables. *Food Microbiol.* 2012. Vol. 31. P. 116–125.

7. Kandyli P., Pissaridi K., Bekatorou A., Kanellaki M., Koutinas A.A. Dairy and Non-Dairy Probiotic Beverages. *Curr. Opin. Food Sci.* 2016. Vol. 7. P. 58–63.
8. 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. Vol. 3. P. 67.
9. Ephrem E., Najjar A., Charcosset C., Greige-Gerges H. Encapsulation of Natural Active Compounds, Enzymes, and Probiotics for Fruit Juice Fortification, Preservation, and Processing: An Overview. *J. Funct. Foods*. 2018. Vol. 48. P. 65–84.
10. Horáková Š., Rokytová K., Bialasová K., Klojdová I. Fruit Juices with Probiotics—New Type of Functional Foods. *Czech J. Food Sci.* 2018. Vol. 36. P. 284–288.
11. Zheng J., Wittouck S., Salvetti E., Franz C.M., Harris H.M. Taxonomic Note on the Genus *Lactobacillus*: Description of 23 Novel Genera, Emended Description of the Genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and Union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2020. Vol. 70. P. 2782–2858.
12. Pontonio E., Montemurro M., Pinto D., Marzani B., Trani A. Lactic Acid Fermentation of Pomegranate Juice as a Tool to Improve Antioxidant Activity. *Front. Microbiol.* 2019. Vol. 10. P. 2345.
13. Plessas S., Nouska C., Karapetsas A., Kazakos S., Alexopoulos A. Characterization and Evaluation of the Probiotic Potential of a Novel *Lactobacillus* Strain Isolated from Feta-Type Cheese. *Food Chem.* 2017. Vol. 226. P. 102–108.
14. Snyder A.B., Worobo R.W. The Incidence and Impact of Microbial Spoilage in the Production of Fruit and Vegetable Juices as Reported by Juice Manufacturers. *Food Control*. 2018. Vol. 85. P. 144–150.
15. Panitsa A., Petsi T., Kandyli P., Kanellaki M., Koutinas A.A. Tubular Cellulose from Orange Juice By-Products as Carrier of Chemical Preservatives; Delivery Kinetics and Microbial Stability of Orange Juice. *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 1882.
16. Filannino P., Tlais A.Z., Morozova K. Lactic Acid Fermentation Enriches the Profile of Biogenic Fatty Acid Derivatives of Avocado Fruit (*Persea Americana* Mill.). *Food Chem.* 2020. Vol. 317. P. 126384.
17. Ricci A., Cirilini M., Levante A., Dall'Asta C., Galaverna G., Lazzi C. Volatile Profile of Elderberry Juice: Effect of Lactic Acid Fermentation Using *L. Plantarum*, *L. Rhamnosus* and *L. Casei* Strains. *Food Res. Int.* 2018. Vol. 105. P. 412–422.
18. Di Cagno R., Filannino P., Gobbetti M. Lactic Acid Fermentation Drives the Optimal Volatile Flavor-Aroma Profile of Pomegranate Juice. *Int. J. Food Microbiol.* 2017. Vol. 248. P. 56–62.
19. Kwaw E., Ma Y., Tchabo W., Apaliya M.T., Wu M., Sackey A.S. Effect of *Lactobacillus* Strains on Phenolic Profile, Color Attributes and Antioxidant Activities of Lactic-Acid-Fermented Mulberry Juice. *Food Chem.* 2018. Vol. 250. P. 148–154.
20. Valero-Cases E., Nuncio-Jáuregui N., Frutos M.J. Influence of Fermentation with Different Lactic Acid Bacteria and *in vitro* Digestion on the Biotransformation of Phenolic Compounds in Fermented Pomegranate Juices. *Agric. Food Chem.* 2017. Vol. 65. P. 6488–6496.
21. Mantzourani I., Kazakos S., Terpou A., Alexopoulos A. Potential of the Probiotic *Lactobacillus Plantarum* ATCC 14917 Strain to Produce Functional Fermented Pomegranate Juice. *Foods*. 2019. Vol. 8. P. 4.
22. Mantzourani I., Terpou A., Bekatorou A., Mallouchos A., Alexopoulos A., Kimbaris A. Functional Pomegranate Beverage Production by Fermentation with a Novel Synbiotic *L. Paracasei* Biocatalyst. *Food Chem.* 2020. Vol. 308. P. 125658.
23. Mantzourani I., Terpou A., Alexopoulos A., Bezirtzoglou E., Bekatorou A., Plessas S. Production of a Potentially Synbiotic Fermented Cornelian Cherry (*Cornus Mas* L.) Beverage Using *Lactobacillus Paracasei* K5 Immobilized on Wheat Bran. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 2019. Vol. 17. P. 347–351.
24. Vergara C.M.d.A.C., Honorato T.L., Maia G.A., Rodrigues S. Prebiotic Effect of Fermented Cashew Apple (*Anacardium Occidentale* L.) Juice. *LWT-Food Sci. Technol.* 2010. Vol. 43. P. 141–145.
25. de Godoy Alves Filho E., Rodrigues T.H.S., Fernandes F.A.N., Pereira A.L.F. Chemometric Evaluation of the Volatile Profile of Probiotic Melon and Probiotic Cashew Juice. *Food Res. Int.* 2017. Vol. 99. P. 461–468.
26. Mantzourani I., Bontsidis C.A., Plessas S., Alexopoulos A. Comparative Susceptibility Study against Pathogens Using Fermented Cranberry Juice and Antibiotics. *Front. Microbiol.* 2019. Vol. 10. P. 1294.
27. Chen C., Lu Y., Yu H., Chen Z., Tian H. Influence of 4 Lactic Acid Bacteria on the Flavor Profile of Fermented Apple Juice. *Food Biosci.* 2019. Vol. 27. P. 30–36.
28. Li Z., Teng J., Lyu Y., Hu X., Zhao Y., Wang M. Enhanced Antioxidant Activity for Apple Juice Fermented with *Lactobacillus Plantarum* ATCC14917. *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 51.
29. Li T., Jiang T., Liu N., Wu C., Xu H., Lei H. Biotransformation of Phenolic Profiles and Improvement of Antioxidant Capacities in Jujube Juice by Select Lactic Acid Bacteria. *Food Chem.* 2021. Vol. 339. P. 127859.
30. Nayak B.S., Marshall J.R., Isitor G., Adogwa A. Hypoglycemic and Hepatoprotective Activity of Fermented Fruit Juice of *Morinda Citrifolia* (Noni) in Diabetic Rats. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* 2010. Vol. 2011.
31. Zhao M.-N., Zhang F., Zhang L., Liu B.-J., Meng X.-H. Mixed Fermentation of Jujube Juice (*Ziziphus Jujuba* Mill.) with *L. Rhamnosus* GG and *L. Plantarum*-1: Effects on the Quality and Stability. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2019. Vol. 54. P. 2624–2631.
32. Shubhada N., Rudresh D.L., Jagadeesh S.L., Prakash D.P., Raghavendra S. Fermentation of Pomegranate Juice by Lactic Acid Bacteria. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2018. Vol. 7. P. 4160–4173.
33. Muhialdin B.J., Kadum H., Hussin A.S.M. Metabolomics Profiling of Fermented Cantaloupe Juice and the Potential Application to Extend the Shelf Life of Fresh Cantaloupe Juice for Six Months at 8 C. *Food Control*. 2021. Vol. 120. P. 107555.
34. Verón H.E., Cano P.G., Fabersani E., Sanz Y., Isla M.I. Cactus Pear (*Opuntia Ficus-Indica*) Juice Fermented with Autochthonous *Lactobacillus Plantarum* S-811. *Food Funct.* 2019. Vol. 10. P. 1085–1097.
35. Srisukchayakul P., Charalampopoulos D., Karatzas K.A. Study on the Effect of Citric Acid Adaptation toward the Subsequent Survival of *Lactobacillus Plantarum* NCIMB 8826 in Low PH Fruit Juices during Refrigerated Storage. *Food Res. Int.* 2018. Vol. 111. P. 198–204.
36. Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G.R., Merenstein D.J., Pot B. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics Consensus Statement on the Scope and Appropriate Use of the Term Probiotic. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 2014. Vol. 11. P. 506–514.
37. Papadimitriou K., Alegria Á., Bron P.A., De Angelis M., Gobbetti M. Stress Physiology of Lactic Acid Bacteria. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2016. Vol. 80. P. 837–890.
38. Bucka-Kolendo J., Sokolowska B. Lactic Acid Bacteria Stress Response to Preservation Processes in the Beverage and Juice Industry. *Acta Biochim. Pol.* 2017. Vol. 64. P. 459–464.
39. Gaucher F., Bonnassie S., Rabah H., Marchand P., Blanc P., Jeantet R., Jan G. Adaptation of Beneficial Protonibacteria, *Lactobacilli*, and *Bifidobacteria* Improves Tolerance toward Technological and Digestive Stresses. *Front. Microbiol.* 2019. Vol. 10. P. 841.
40. Colín-Cruz M.A., Pimentel-González D.J., Carrillo-Navas H., Alvarez-Ramírez J., Guadarrama-Lezama A.Y. Co-Encapsulation of Bioactive Compounds from Blackberry Juice and Probiotic Bacteria in Biopolymeric Matrices. *LWT* 2019. Vol. 110. P. 94–101.
41. Dimitrellou D., Kandyli P., Lević S., Petrović T., Ivanović S., Nedović V., Kourkoutas Y. Encapsulation of *Lactobacillus Casei* ATCC 393 in Alginate Capsules for Probiotic Fermented Milk Production. *LWT* 2019. Vol. 116. P. 108501.
42. Sarao L.K., Arora M. Probiotics, Prebiotics, and Microencapsulation: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017. Vol. 57. P. 344–371.
43. Racioppo A., Corbo M.R., Piccoli C., Sinigaglia M., Speranza B., Bevilacqua A. Ultrasound Attenuation of *Lactobacilli* and *Bifidobacteria*: Effect on Some Technological and Probiotic Properties. *Int. J. Food Microbiol.* 2017. Vol. 243. P. 78–83.

44. Bevilacqua A., Casanova F.P., Petrucci L., Sinigaglia M., Corbo M.R. Using Physical Approaches for the Attenuation of Lactic Acid Bacteria in an Organic Rice Beverage. *Food Microbiol.* 2016. Vol. 53. P. 1–8.
45. Gawkowski D., Chikindas M.L. Non-Dairy Probiotic Beverages: The next Step into Human Health. *Benef. Microbes.* 2013. Vol. 4. P. 127–142.
46. Perricone M., Corbo M.R., Sinigaglia M., Speranza B., Bevilacqua A. Viability of *Lactobacillus Reuteri* in Fruit Juices. *J. Funct. Foods.* 2014. Vol. 10. P. 421–426.
47. Mantzourani I., Chondrou P., Bontsidis C., Karolidou K., Terpou A. Assessment of the Probiotic Potential of Lactic Acid Bacteria Isolated from Kefir Grains: Evaluation of Adhesion and Antiproliferative Properties in *in Vitro* Experimental Systems. *Ann. Microbiol.* 2019. Vol. 69. P. 751–763.
48. Terpou A., Papadaki A., Lappa I.K., Kachrimanidou V., Bosnea L.A., Kopsahelis N. Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value. *Nutrients.* 2019. Vol. 11. P. 1591.
49. Arellano K., Vazquez J., Park H., Lim J. Ji, Y., Kang H.-J., Cho D. Safety Evaluation and Whole-Genome Annotation of *Lactobacillus Plantarum* Strains from Different Sources with Special Focus on Isolates from Green Tea. *Probiotics Antimicrob. Proteins.* 2020. Vol. 12. P. 1057–1070.
50. Szutowaska J. Functional Properties of Lactic Acid Bacteria in Fermented Fruit and Vegetable Juices: A Systematic Literature Review. *Eur. Food Res. Technol.* 2020. Vol. 246. P. 357–372.
51. Wang Q., Sun Q., Wang J., Qiu X., Qi R., Huang J. *Lactobacillus Plantarum* 299v Changes miRNA Expression in the Intestines of Piglets and Leads to Downregulation of LITAF by Regulating Ssc-miR-45 Probiotics Antimicrob. Proteins. 2021. P. 1–13.
52. Oh Y.J., Kim T.S., Moon H.W., Lee S.Y., Ji G.E., Hwang K.T. *Lactobacillus Plantarum* PMO 08 as a Probiotic Starter Culture for Plant-Based Fermented Beverages. *Molecules.* 2020. Vol. 25. P. 5056.
53. Behera S.S., Ray R.C., Zdolec N. *Lactobacillus Plantarum* with Functional Properties: An Approach to Increase Safety and Shelf-Life of Fermented Foods. *BioMed Res. Int.* 2018. P. 23.
54. Wang S.-Y., Zhu H.-Z., Lan Y.-B., Liu R.-J., Liu Y.-R., Zhang B.-L., Zhu B.-Q. Modifications of Phenolic Compounds, Biogenic Amines, and Volatile Compounds in Cabernet Gernishet Wine through Malolactic Fermentation by *Lactobacillus Plantarum* and *Oenococcus Oeni*. *Fermentation.* 2020. Vol. 6 (15).
55. Lanza B., Zago M., Di Marco S., Di Loreto G., Cellini M., Tidona F., Bonvini B., Bacchi M., Simone N. Single and Multiple Inoculum of *Lactiplantibacillus Plantarum* Strains in Table Olive Lab-Scale Fermentations. *Fermentation.* 2020. Vol. 6. P. 126.
56. Campaniello D., Speranza B., Bevilacqua A., Altieri C., Rosaria Corbo M., Sinigaglia M. Industrial Validation of a Promising Functional Strain of *Lactobacillus Plantarum* to Improve the Quality of Italian Sausages. *Microorganisms.* 2020. Vol. 8. P. 116.
57. Alemneh S.T., Emire S.A., Hitzmann B. Teff-Based Probiotic Functional Beverage Fermented with *Lactobacillus Rhamnosus* and *Lactobacillus Plantarum*. *Foods.* 2021. Vol. 10. P. 2333.
58. Ibrahim F., Ouwehand A.C. The Genus *Lactobacillus*. *Lact. Acid Bact. Microbiol. Funct. Asp.* 2019. Vol. 47. P. 23.
59. Prete R., Long S.L., Joyce S.A., Corsetti A. Genotypic and Phenotypic Characterization of Food-Associated *Lactobacillus Plantarum* Isolates for Potential Probiotic Activities. *FEMS Microbiol. Lett.* 2020. Vol. 367. fnaa076.
60. Shahidi F., Peng H. Bioaccessibility and Bioavailability of Phenolic Compounds. *J. Food Bioact.* 2018. Vol. 4. P. 11–68.
61. Park J.-B., Lim S.-H., Sim H.-S., Park J.-H., Kwon H.-J. Changes in Antioxidant Activities and Volatile Compounds of Mixed Berry Juice through Fermentation by Lactic Acid Bacteria. *Food Sci. Biotechnol.* 2017. Vol. 26. P. 441–446.
62. Huang R. An Overview of the Perception and Mitigation of Astringency Associated with Phenolic Compounds. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2021. Vol. 20. P. 1036–1074.
63. 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. Vol. 12. P. 16–27.
64. Li P., Li X., Gu Q., Lou X., Zhang X., Song D., Zhang C. Comparative Genomic Analysis of *Lactobacillus Plantarum* ZJ316 Reveals Its Genetic Adaptation and Potential Probiotic Profiles. *Li J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 2016. Vol. 17. P. 569–579.
65. Moradi M.A., Guimarães J.T. Review on Preparation and Chemical Analysis of Postbiotics from Lactic Acid Bacteria. *Enzym. Microb. Technol.* 2021. Vol. 143. P. 109722.
66. Kumar N., Goel N. Phenolic Acids: Natural Versatile Molecules with Promising Therapeutic Applications. *Biotechnol. Rep.* 2019. Vol. 24. e00370.
67. Putnik P., Pavlič B., Šojić B., Zavadlav S., Žuntar I., Kao L., Kitionić D., Kovačević D.B. Innovative Hurdle Technologies for the Preservation of Functional Fruit Juices. *Foods.* 2020. Vol. 9. P. 699.
68. Tanganurat P. Probiotics Encapsulated Fruit Juice Bubbles as Functional Food Product. *Cell.* 2020. Vol. 4. P. 5.
69. Zhu W., Lyu F., Naumovski N., Ajlouni S., Ranadheera C.S. Functional Efficacy of Probiotic *Lactobacillus Sanfranciscensis* in Apple, Orange and Tomato Juices with Special Reference to Storage Stability and *In Vitro* Gastrointestinal Survival. *Beverages.* 2020. Vol. 6. P. 13.
70. Mantzourani I., Nouska C., Terpou A., Alexopoulos A., Beztzoglou E. Production of a Novel Functional Fruit Beverage Consisting of Cornelian Cherry Juice and Probiotic Bacteria. *Antioxidants.* 2018. Vol. 7. P. 163.
71. Mantzourani I., Nouska C., Terpou A., Alexopoulos A., Beztzoglou E. Fermented Sweet Lemon Juice (*Citrus Limetta*) Using *Lactobacillus Plantarum* LS5: Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities. *J. Funct. Foods.* 2017. Vol. 38. P. 409–414.
72. Mantzourani I., Nouska C., Terpou A., Alexopoulos A., Beztzoglou E. Fermentation of Blueberry and Blackberry Juices Using *Lactobacillus Plantarum*, *Streptococcus Thermophilus* and *Bifidobacterium Bifidum*: Growth of Probiotics, Metabolism of Phenolics, Antioxidant Capacity *In Vitro* and Sensory Evaluation. *Food Chem.* 2021. Vol. 348. P. 129083.
73. Hossain M.A., Hoque M.M., Hossain M.M., Kabir M.H., Yasin M., Islam M.A. Biochemical, Microbiological and Organoleptic Properties of Probiotic Pineapple Juice Developed by Lactic Acid Bacteria. *Journal of Scientific Research.* 2020. Vol. 12 (4). P. 743–750. DOI: 10.3329/jsr.v12i4.46179.
74. Wu Y., Li S., Tao Y., Li D., Han Y., Show P.L., Wen G., Zhou J. Fermentation of blueberry and blackberry juices using *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium bifidum*: Growth of probiotics, metabolism of phenolics, antioxidant capacity *in vitro* and sensory evaluation. *Food Chem.* 2021. Jun 30. № 348. P. 129083. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129083.
75. Yang J., Sun Y., Gao T., Wu Y., Sun H., Zhu Q., Liu C., Zhou C., Han Y. and Tao Y. Fermentation and Storage Characteristics of “Fuji” Apple Juice Using *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus plantarum*: Microbial Growth, Metabolism of Bioactives and *in vitro* Bioactivities. *Front. Nutr.* 2022. № 9. P. 833906. DOI: 10.3389/fnut.2022.833906.
76. Dey G. Non-Dairy Probiotic Foods: Innovations and Market Trends. In *Innovations in Technologies for Fermented Food and Beverage Industries*. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 2018. P. 159–173.