УДК 663.05

ФЕРМЕНТИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ. ОБЗОР

Бурак Леонид Чеславович

кандидат техн. наук,

<https://orcid.org/0000-0002-6613-439X>,

директор Общества с ограниченной ответственностью «БЕЛРОСАКВА»,

г. Минск

Сапач Александр Николаевич

инженер-химик

Общество с ограниченной ответственностью «БЕЛРОСАКВА»,

г. Минск

FERMENTED FOOD PRODUCTS USING SEA BUCKTHORN FRUIT. OVERVIEW

Burak L.Ch

candidate tech. sciences,

<https://orcid.org/0000-0002-6613-439X>,

Director of the Limited Liability Company "BELROSAKVA"

Minsk

Sapach A.N

chemical engineer

Limited Liability Company "BELROSAKVA",

Minsk

Аннотация. Растительное сырье является уникальным источником биологически активных веществ, которые представляют особую ценность в терапии различных заболеваний. Облепиха крушиновидная одно из наиболее известных и широко распространенных лекарственных растений, повсеместно выращиваемых на территории США, Европы, Азии, Российской Федерации и Республики Беларусь. Сведения о фитохимическом составе плодов достаточно полно освещены в научной литературе. Плоды облепихи богаты необходимыми питательными и биологически активными веществами, но остаются менее востребованными. Таким образом, важно изучать и внедрять новые способы переработки плодов облепихи, которые могут способствовать разработке новых функциональных пищевых продуктов и привлечь внимание потребителей к этим продуктам. В представленном обзоре обобщены исследования, посвященные разработке продуктов питания с использованием плодов облепихи и молочнокислых бактериальных культур. Особое внимание уделено процессу яблочно-молочной ферментации и его влиянию на содержание и профиль органических кислот и полифенолов в соке плодов облепихи, показано, какие происходят изменения антиоксидантных свойств и органолептических показателей. Рассмотрена роль плодов облепихи и их компонентов в разработке новых пробиотических молочных и немолочных продуктов.

Abstract. Herbal raw materials are a unique source of biologically active substances that are of particular value in the treatment of various diseases. Sea buckthorn is one of the most famous and widespread medicinal plants, widely grown in the United States, Europe, Asia, the Russian Federation and the Republic of Belarus. Information on the phytochemical composition of fruits is quite fully covered in the scientific literature. Sea buckthorn fruits are rich in essential nutrients and biologically active substances, but remain less in demand. Thus, it is important to study and implement new ways of processing sea buckthorn fruits that can contribute to the development of new functional foods and attract the attention of consumers to these products. This review summarizes studies on the development of food products using sea buckthorn fruits and lactic acid bacterial cultures. Particular attention is paid to the process of malolactic fermentation and its influence on the content and profile of organic acids and polyphenols in the juice of sea buckthorn fruits, it is shown what changes in antioxidant properties and organoleptic characteristics occur. The role of sea buckthorn fruits and their components in the development of new probiotic dairy and non-dairy products is considered.

Ключевые слова: плоды облепихи, молочнокислые бактерии, яблочно-молочное брожение, пробиотики, антиоксидантная активность, молочные продукты

Keywords: sea buckthorn fruits, lactic acid bacteria, malolactic fermentation, probiotics, antioxidant activity, dairy products

В последние десятилетия облепиха привлекает к себе внимание все большего количества ученых по всему миру. Ее изучению посвящены труды известных ученых, таких как Е.И. Пантелеева, А.Я. Земцова, Н.А. Ховалыг, Г.А. Бережная (Россия), Томас Ли (Канада), Вирендра Сингх (Индия), Коки Канахама (Япония).

Плоды облепихи - богатый источник многих питательных и полезных для здоровья веществ, таких как полифенолы, аскорбиновая кислота, каротиноиды, токоферолы и соединения, входящие в комплекс витаминов В, а также минералы и жирные кислоты. Можно сказать, что ягоды облепихи содержат полноценный источник соединений, необходимый для обогащения питания человека. По содержания микро- и макроэлементов облепиха превосходит многие фрукты и ягоды [1, 2, 4, 4, 5, 6].

Изменения в питании человека могут помочь минимизировать различные факторы риска, приводящие к хроническим заболеваниям, в частности повышенное потребление фруктов, овощей и клетчатки может положительно влиять на липопротеины низкой плотности и общий холестерин в организме человека [7]. В проведенных исследованиях влияние потребления ягод на метаболический профиль людей с избыточной массой тела, диета, обогащенная плодами облепихи, снижала уровень триглицеридов и липопротеинов очень низкой плотности в сыворотке, а также улучшала гликемический профиль [8].

В последние годы проведенные многочисленные исследования, подтверждают связь между окислительным стрессом и развитием хронических и дегенеративных заболеваний. Наблюдение за накоплением свободных радикалов, приводящим к проблемам со здоровьем, указывало на возможность использования антиоксидантов для профилактики и лечения этих нарушений [9]. Высокое содержание полифенолов, аскорбиновой кислоты и токоферолов способствует значительным антиоксидантным свойствам ягод облепихи. Учитывая значительную положительную корреляцию между содержанием флавоноидов и антиоксидантной активностью флавоноиды являются наиболее мощными антиоксидантами [10,11]. Во многих исследованиях влияния плодов облепихи на окислительный стресс фенольная фракция была идентифицирована как источник полезных соединений, так как ингибировала перекисное окисление липидов плазмы и карбонилирование белков плазмы, вызванное сильным окислителем [12]. Также были исследования, подтверждающие цитопротекторный эффект флавоноидов облепихи, основанный на предотвращении повреждений клеток, вызванных окислителями [13].

Несмотря на пищевую ценность и положительное влияние на организм при употреблении для здоровья, коплодами облепихи, ее потребление не пользуется широкой популярностью, основная причина - неприятный вкус. Ягоды облепихи отличаются кислинкой и терпкостью, обусловленными высоким содержанием кислот, в основном яблочной кислоты и гликозидов изорамнетина, а также низким общим содержанием сахара и соотношением сахар / кислота [14,15,16,17]. В проведенном исследовании на восприятие потребителями девяти различных ягод ягоды облепихи были отнесены к менее популярным и предпочтительным. Они воспринимались как кислые, горькие и терпкие, что обычно не нравится; однако некоторым респондентам очень понравились ягоды облепихи. На восприятие может положительно повлиять ярко-желтый цвет ягод облепихи, отличающий их от других ягод, для которых характерна темная или красная окраска [18]. Аналогичным образом, в исследовании, сравнивающем восприятие потребителями пяти напитков с добавками, содержащих 80% основных фруктовых соков, напитки из облепихи получили самый низкий рейтинг восприятия потребителями и готовности к их покупке. Причина заключалась в их кислом вкусе и неприятном запахе [19].

Чтобы повысить потребительский спрос на пищевые продукты с использованием облепихи, необходимо осваивать и внедрять новые способы переработки сырья. Разработка новых видов пищевых продуктов, содержащих плоды облепихи способствует расширению ассортимента полезных для здоровья продуктов питания. Особый интерес представляет процесс изменение фруктового сока путем яблочно-молочного брожения или включение фруктов и их компонентов в пробиотические продукты. Таким образом можно приготовить новые ферментированные и пробиотические продукты, которые прочно вошли в рацион питания во всем мире. Использование полезной микрофлоры в производстве продуктов питания может способствовать сохранению и улучшению органолептических показателей, изменению пищевой ценности и биоактивных свойств, а также помогает поддерживать и восстанавливать микробиоту кишечника человека, наряду с традиционными ферментированными молочными продуктами [20].

В данном обзоре мы рассматриваем возможность использования плодов облепихи и продуктов ее переработки в качестве ингредиентов для производства новых ферментированных и пробиотических продуктов. Конечная цель – использование плодов облепихи в качестве растительного пищевого сырья, потребление которого благотворно влияет на здоровье человека. С этой целью нами представлен обзор исследований по использованию плодов облепихи в новых продуктах питания ,рассмотрены преимущества, проблемы и решения применения плодов облепихи в производстве продуктов питания.

2. Ферментированные напитки без пробиотиков.

За последние несколько лет было проведено множество исследований, посвященных использованию метаболизма молочнокислых бактерий в области переработки и ферментации фруктовых соков. Благодаря ферментации соков появилась возможность получения продуктов с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями по сравнению с исходным сырьем. В качестве примера следует отметить, что в результате ферментации многих ягодных соков, таких как сок черники, ежевики, ягоды бузины и сока черноплодной рябины существенно увеличивается антиоксидантная активность [21,22,23,24], улучшаются органолептические показатели. Другими преимуществами ферментированных соков является более длительный срок хранения и увеличение покупательского спроса за счет предпочтения потребителей [25, 26, 27]. Облепиховый сок остается малоизученным сырьем с точки зрения его использования в процессе брожения. Тем не менее, есть предположение, что процесс ферментации может повысить его биологическую активность и органолептические свойства, как описано в следующих разделах.

2.1. Яблочно-молочное брожение

Яблочно-молочное брожение, вызываемое метаболизмом молочнокислых бактерий в основном применяется в винодельческой промышленности, и особенно при производстве красных вин. С этой целью обычно используется *Oenococcus oeni*, хотя другие молочнокислые бактерии, такие как *Lactobacillus plantarum*, также изучаются и используются в виноделии. [28,29]. Ферментативное декарбоксилирование L-яблочной кислоты в L-молочную кислоту в результате метаболизма молочнокислых бактерий происходит в условиях, необходимых для увеличения значения pH, что снижает подверженность бактерий стрессу [30,31]. Сок облепихи содержит большое количество органических кислот, среди которых наиболее представлена яблочная кислота, а общее содержание моносахаридов в ней невелико. Соответственно, pH обычно ниже значения 3, а соотношение сахар / кислота часто ниже единицы [32,33]. Все эти параметры делают сок облепихи подходящим субстратом для яблочно-молочного брожения. По состоянию на данный момент были проведены три исследования яблочно-молочного брожения сока облепихи, которые представлены в таблице 1

Таблица 1.

Перечень кисломолочных напитков, содержащих сок облепихи

Исходное сырье	Используемые бактерии	Результат
Сок облепихи, разбавленный водой в соотношении 1:1	<i>Oenococcus oeni</i>	Яблочно-молочное брожение, улучшение вкуса
Сок облепихи	<i>Lactobacillus plantarum</i> (четыре штамма), <i>Oenococcus oeni</i> (три штамма)	Яблочно-молочное брожение
Смесь сока облепихи с яблочным соком в соотношении 1:1	<i>Lactobacillus plantarum</i> (пять штаммов), <i>Lactobacillus plantarum</i> subsp. <i>argentoratensis</i> , <i>Oenococcus oeni</i>	яблочно-молочное брожение, увеличение антиоксидантной активности

В первом исследовании показан ферментированный сок облепихи, смешанный с водой в соотношении 1: 1 в течение 72 часов при 28 ° C, с использованием неадаптированных клеток *Oenococcus oeni* при плотности 9 log КОЕ · мл⁻¹. После 24-часового брожения содержание яблочной кислоты снизилось на 80%, а pH увеличился с 2,8 до 3,1. Длительность процесса незначительно повлияло на ход яблочно-молочной ферментации, а также на содержание моносахаридов и аскорбиновой кислоты [34].

Markkinen и другие авторы [25] сбраживали сок облепихи в течение 72 часов при 30 ° C с использованием четырех различных штаммов *Lactobacillus plantarum* и трех различных штаммов *Oenococcus oeni*. В отличие от исследования, упомянутого ранее, было установлено отсутствие или незначительное количество молочной кислоты в процессе ферментации штаммами *Oenococcus oeni*. В качестве возможной причины авторы указывают использование меньшего количества клеток. Что касается штаммов *Lactobacillus plantarum*, то три из них вызвали полный цикл яблочно-молочного брожения, преобразовали 100% яблочной кислоты в молочную, в то время как общее количество моносахаридов не изменилось. Это привело к увеличению pH с 2,86 до 3,13 и увеличению отношения сахар / кислота с 0,89 до 1,24. В этом исследовании также изучался эффективность обработки сока облепихи пектолитическим ферментом. Однако выводы не ясны, поскольку некоторые штаммы *Lactobacillus plantarum* лучше срабатывали в обработанном соке, а некоторые - в необработанном.

Наконец, Tkacz et al и другие [35] наблюдали за яблочно-молочным брожением чистого сока облепихи и смеси сока облепихи и яблочного сока в соотношении 1: 1 в течение 72 часов при 30 ° C с использованием пяти различных штаммов *Lactobacillus plantarum*, штамма *Lactobacillus plantarum* subsp. *argentoratensis* и штамма *Oenococcus oeni*. При ферментации чистого сока облепихи штаммы *Lactobacillus plantarum* показали

лучшую способность преобразовывать яблочную кислоту, чем другие протестированные бактерии. Наиболее активным оказался *Lactobacillus plantarum* DSM 20174, который преобразовал 20,9% яблочной кислоты. Было отмечено, что подобное преобразование яблочной кислоты не обязательно означает аналогичное приращение молочной кислоты, поскольку могут существовать другие метаболические пути с использованием яблочной кислоты. Ферментация смеси сока облепихи и яблока привела к более сильному восстановлению яблочной кислоты. В этом случае *Lactobacillus plantarum* DSM 10492 показал наилучшие результаты с конверсией яблочной кислоты 75,0%. Яблочно-молочное брожение происходило в основном между 48-м и 72-м часами для чистого сока облепихи и в течение первых 24 часов для соковой смеси. Содержание моносахаридов существенно не изменилось в конце ферментации как для чистого, так и для смешанного сока облепихи. Общее содержание органических кислот снизилось в случае ферментации чистого сока облепихи, в то время как соотношение сахар / кислота осталось 0,5 на протяжении всего процесса ферментации. Напротив, общее содержание органических кислот увеличивалось, а соотношение сахар / кислота уменьшалось в случае смешанного сока облепихи с яблочным соком.

2.2. Органолептические показатели

Ферментация молочнокислыми бактериями может изменить вкус сока благодаря малолактической конверсии, при которой резкий вкус яблочной кислоты заменяется более мягким вкусом молочной кислоты. Более того, вспомогательные метаболические процессы приводят к изменению летучих ароматических соединений, группа исследователей Tiitinen et al. [34] провели анализ для сравнения органолептических свойств ферментированного и неферментированного сока облепихи, смешанного с водой в соотношении 1: 1. Группа состояла из 11 экспертов. Они отметили, что кислинка и терпкость сока уменьшились с начала брожения, в то время как сладость увеличилась только через 12 часов ферментации. Однако неприятный запах и привкус, описываемые как «испорченное молоко, простокваша или йогурт», также усилились через 12 часов ферментации. По этой причине необходимо учитывать продолжительность брожения. Кроме того, было изучено влияние удаления микробных клеток из сброженного сока облепихи на его вкусовые качества. В целом, центрифугирование сока для удаления клеток снизило сладость смеси сока облепихи, ферментированной в течение 24 и 48 часов и увеличилась кислинка и терпкость для смеси, ферментированной в течение 24 часов. Возможно, удаленная часть содержала моносахариды и масло мякоти, способствующие лучшему вкусу.

Авторы также наблюдали за влиянием яблочно-молочного брожения на состав летучих компонентов фруктового сока из семи сортов облепихи, изменениях в основном содержании этиловых эфиров и метиловых эфиров короткоцепочечных карбоновых кислот. В другом своем исследовании данные авторы отмечают значительные различия в профилях летучих соединений среди неферментированных соков отдельных сортов облепихи, которые оценивались дважды в течение двух лет. Хотя некоторые различия в сенсорных характеристиках одного и того же сорта наблюдались между оценками в течение двух лет подряд, в целом сорт Чуйская была описана как самая сладкая и самая фруктовая, а сорт Раиса - как самая кислая и самая вяжущая. Поэтому для создания наилучшего продукта необходимо также учитывать выбор сорта облепихи.

Другие исследования не включали органолептическую оценку, хотя Markkinen et al. [24] наблюдали значительное снижение содержания яблочной кислоты, которая оказывает сильное влияние на восприятие терпкости облепихового сока. Кроме того, они обнаружили увеличение соотношения сахар / кислота, которое является параметром, положительно коррелирующим со сладостью и кислинкой, другие исследователи подтвердили снижение уровня яблочной кислоты, но, в отличие от предыдущих исследований, они не зафиксировали никаких изменений или даже уменьшения соотношения сахар / кислота. Чтобы сделать выводы, необходимы дальнейшие исследования. Тем не менее, если мы посмотрим на некоторые другие исследования по ферментации фруктового сока, такие как ферментация сока бергамота, гранатового сока или сок драконьего фрукта, мы можем обнаружить, что метаболизм молочнокислых бактерий может способствовать одобрению продуктов потребителями за счет улучшения органолептических показателей [36,37,38].

2.3. Антиоксидантная активность

Ферментация растительного сырья может привести к увеличению антиоксидантной активности готового продукта. Есть несколько механизмов, способных повлиять на этот результат. Во-первых, бактерии экспрессируют гидролитические ферменты, которые способны разрушать стенки растительных клеток и, таким образом, выделять связанные соединения. Таким образом, увеличивается содержание общих полифенолов, что положительно коррелирует с антиоксидантными свойствами. Во-вторых, необходимо учитывать изменение профиля полифенолов. Активность глюкозидаз приводит к превращению гликозидов в соответствующие агликоны, которые часто характеризуются более высокой антиоксидантной активностью. В-третьих, сами бактерии могут вносить вклад в антиоксидантную активность субстрата, в котором они растут, благодаря своим разнообразным ферментативным и неферментативным механизмам, ингибирующим образование активных форм кислорода [39].

Поскольку наиболее распространенными полифенолами в соке облепихи являются гликозиды кверцетина, изорамнетины и кемпферолы [2,6,24], следует изучить возможность повышения антиоксидантной активности из-за дегликозилирования. Было продемонстрировано, что флавоноидные агликоны, такие как кверцетин,

обладают лучшими антиоксидантными свойствами по сравнению с их гликозидами [40,41]. Модификация профиля флавоноидов по причине брожения наблюдалась в растительном сырье ранее. Например, при изучении ферментации яблочного сока *Lactobacillus plantarum* Li et al. [42] наблюдали увеличение содержания флавоноидных агликонов, кверцетина и флоретина, что привело к усилению антиоксидантной активности сброженного сока, несмотря на снижение общего содержания фенольных веществ и общих флавоноидов. Аналогичным образом Filannino et al. [43] наблюдали повышение антиоксидантной активности кладодес кактусов после ферментации *Lactobacillus plantarum* за счет увеличения содержания флавоноидных агликонов изорамнетина и кемпферола. Более того, было показано, что микробная трансформация полифенолов приводит к образованию новых биоактивных соединений с повышенной биодоступностью по сравнению с исходными полифенолами [45].

Markkinen et al.] не обнаружили значительных изменений ни в общем содержании флавонолов, ни в содержании отдельных флавонолов из-за ферментации сока облепихи с использованием *Lactobacillus plantarum*. С другой стороны, в этом исследовании также изучалась эффективность обработки сока пектинолитическими ферментами. Это привело к увеличению содержания гидроксibenзойной кислоты, содержания флавонолов и содержания агликонов изорамнетина и кверцетина за счет их высвобождения из клеточных стенок и полисахаридов. Однако в этом исследовании антиоксидантная активность не измерялась.

Tkacz et al. определили влияние ферментации молочнокислыми бактериями на содержание флавонолов и антиоксидантную активность чистого сока облепихи и смеси сока облепихи и яблочного сока. Изменения этих параметров зависели от штамма, но в целом штаммы *Lactobacillus plantarum* работали лучше, чем *Oenococcus oeni*. Наибольший рост антиоксидантной активности чистого сока облепихи был достигнут у *Lactobacillus plantarum* DSM 20174 с увеличением на 25%. В случае ферментации смешанных соков лучше всего проявили себя штаммы DSM 100813, DSM 16363 и DSM 20174, которые увеличили антиоксидантную активность на 46,6% до 51,6%. Для некоторых штаммов не было зарегистрировано никаких изменений или даже снижения антиоксидантной активности. Таким образом, чтобы новый продукт, содержащий ферментированный сок облепихи, обладал улучшенными антиоксидантными свойствами, необходимо учитывать выбор бактериального штамма. Наконец, Tkacz et al. доказали, что повышение антиоксидантной активности обоих ферментированных фруктовых напитков строго положительно коррелировало с содержанием флавонолов.

3. Пробиотические молочные продукты.

ФАО и ВОЗ признают, что употребление определенных живых микроорганизмов, в первую очередь принадлежащих к родам *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, в адекватной дозе может использоваться для профилактики и лечения определенных заболеваний. Они могут действовать против желудочно-кишечных инфекций, расстройств кишечника, аллергии и в целом модулировать иммунитет человека. Аналогичным образом, исследования EFSA подтвердили положительный эффект закваски для йогурта, которая состоит из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, на переваривание лактозы. [45,46]

3.1. Жизнеспособность пробиотиков

Для достижения пробиотического действия крайне важно поддерживать определенный уровень жизнеспособных клеток пробиотических бактерий на протяжении всего срока годности продукта, чтобы поступившие в организм микроорганизмы оставались нетронутыми при воздействии условий верхних отделов кишечного тракта. Минимально необходимый уровень количества жизнеспособных пробиотических бактерий считается $6 \log \text{ КОЕ}$ в миллилитре или грамме пищи. Однако важно выбрать правильную комбинацию пробиотических штаммов и пищевого матрикса, поскольку в некоторых случаях наблюдались потери пробиотических бактерий до $8 \log \text{ КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ во время моделирования пищеварения [47]. Поэтому добавление ягод облепихи или их компонентов не должно мешать росту пробиотиков. Соответственно, желательно, чтобы плоды облепихи повышали жизнеспособность пробиотиков.

Selvamuthukumaran et al. предложили йогурт, обогащенный сиропом плодов облепихи, который был приготовлен путем измельчения ягод, добавления сахарного сиропа и кипячения. В исследовании использовалась закваска йогуртовая. *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* оставалось выше значения $8 \log \text{ КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ в течение 21 дня хранения как при 4°C , так и при 15°C . [48,50]

Gunenc et al. [51] провели исследование, посвященное влиянию добавления цельных плодов облепихи или очищенной мякоти облепихи в йогурт на жизнеспособность заквасочной йогуртовой культуры и пробиотических штаммов *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium lactis*. Оба обогащенных образца показали более высокое количество *Streptococcus thermophilus* в течение 28 дней хранения при 4°C по сравнению с контрольными образцами йогурта. Что касается жизнеспособности *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* были заметны различия между йогуртом с ягодами и йогуртом с мякотью. *Lactobacillus delbrueckii* показали более высокие количества в йогурте с ягодами в течение всего 28-дневного периода хранения по сравнению как с контрольным йогуртом, так и с йогуртом, обогащенным мякотью. Кроме того, отрицательное влияние добавления мякоти на жизнеспособность *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* наблюдали на 28-е сутки хранения. Тем не менее, все испытанные образцы

сохранили жизнеспособные клетки обеих заквасочных бактерий в количествах выше $7 \log \text{КОЕ} \cdot \text{мл}^{-1}$ во время хранения. Что касается пробиотических штаммов, образцы с ягодами или мякоти облепихи значительно повышали жизнеспособность бактерий. Число жизнеспособных клеток было выше $8 \log \text{КОЕ} \cdot \text{мл}^{-1}$ с 7 дня для обогащенных образцов, тогда как в случае контроля это значение было превышено только через 28 дней.

Аналогичным образом Brodziak et al. [52] разработали пробиотический йогурт, содержащий мусс из плодов облепихи, который получали путем измельчения целых фруктов, включая семена, и последующего упаривания. Они использовали пробиотическую закваску для йогурта, состоящую из *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* и *Streptococcus thermophilus*. Общее количество молочнокислых бактерий и общее количество *Bifidobacterium* sp. оставалось выше значения $7 \log \text{КОЕ} \cdot \text{мл}^{-1}$ как для контрольного, так и для обогащенного муссом йогурта в течение 21 дня хранения при $4-6^\circ \text{C}$, без значительных различий между двумя типами йогурта.

Pop et al. [53] изучали влияние 10% -ного добавления липидной фракции плодов облепихи на жизнеспособность свободных *Lactobacillus casei* или *Lactobacillus casei*, инкапсулированных в альгинат. Липидная фракция, полученная из измельченных и центрифугированных ягод, была богата каротиноидами и жирными кислотами. Во-первых, они сравнили эффект микроволновой обработки йогурта со свободными пробиотиками и 10% липидной фракцией, йогурта с пробиотиками, иммобилизованными в альгинате, и йогурта с пробиотиками, иммобилизованными в альгинате, с 10% липидной фракцией. Результаты показали, что эффект инкапсуляции в альгинат с 10% липидной фракцией приводит к превосходной защите бактерий. Количество жизнеспособных клеток превышало $7 \log \text{КОЕ} \cdot \text{мл}^{-1}$ даже после воздействия микроволновой обработки при температуре 55°C . Во-вторых, изучали выживаемость *Lactobacillus casei*, инкапсулированных в альгинате с липидной фракцией плодов облепихи или без нее, при моделировании состояния желудочно-кишечного тракта. Результат этого анализа подтвердил повышенную защиту бактерий при добавлении липидной фракции в капсулы.

Terrou и др. [54] изучали влияние добавления ягод облепихи к замороженному йогурту, содержащему пробиотический штамм *Lactobacillus casei*. Использование ягод в качестве носителя для иммобилизации привело к увеличению выживаемости пробиотических клеток. После 90 дней хранения при -18°C количество иммобилизованных клеток оставалось выше $9 \log \text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$, в то время как количество свободных клеток значительно уменьшалось, и в конце периода хранения оно оставалось на уровне около $7 \log \text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$. Для оценки защитного действия ягод облепихи также изучалось влияние смоделированных условий желудочно-кишечного тракта на жизнеспособность свободных и иммобилизованных клеток. Конечное количество жизнеспособных иммобилизованных и свободных клеток составляло $7,47 \log \text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$ и $6,01 \log \text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$, соответственно, что подтвердило положительное влияние использования ягод облепихи на разработку замороженного йогурта с пробиотиками.

В другом исследовании Terrou et al. исследовали эффект включения ягод облепихи в сыр. Аналогичным образом, сушеные ягоды облепихи использовались в качестве носителя для иммобилизации пробиотического штамма *Lactobacillus casei* при производстве нового сыра типа фета. По сравнению с сыром, произведенным со свободными штаммами пробиотиков, сыр, содержащий ягоды облепихи, имел повышенное количество пробиотических бактерий. В течение 100 дней количество иммобилизованных *Lactobacillus casei* находилось в диапазоне $9,4-7,82 \log \text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$, в то время как количество свободных клеток составляло $8,56-6,17 \log \text{КОЕ} \cdot \text{г}^{-1}$. В заключение следует отметить, что использование ягод облепихи в качестве носителей пробиотиков оказалось полезным для сохранения клеток *Lactobacillus casei* при производстве замороженных йогуртов и сыров [55].

Подводя итог, можно сказать, что Gunenc et al., Pop et al. и Terrou et al. подтвердили положительное влияние плодов облепихи или их компонентов на жизнеспособность пробиотиков в молочных продуктах, тогда как Brodziak et al. не зафиксировали значительного эффекта в этом отношении. Отмечено, что создание новых продуктов, сочетающих в себе питательные свойства облепихи и полезные для здоровья свойства пробиотиков легко достижимо.

3.2. Органолептические свойства

В исследовании йогурта, обогащенного фруктовым сиропом облепихи, проведенном Selvamuthukumaran et al. 15 обученных дегустаторов оценивали цвет, вкус, аромат и консистенцию, а также общую приемлемость продукта. Йогурт из свежих фруктов имел общую оценку приемлемости 8 из 9. В качестве ограничения для определения неподходящего продукта была выбрана оценка 6,1. Фруктовый йогурт оставался приемлемым в течение 18 дней при хранении при 4°C и 9 дней при хранении при 15°C . После этого продукты имели повышенную кислотность и появился неприятный запах.

Brodziak et al. провели сенсорный анализ йогурта с муссом из плодов облепихи с участием 20 экспертов. Оцениваемыми параметрами были цвет, консистенция, вкус, аромат и общая приемлемость. По сравнению с обычным йогуртом, обогащенный муссом йогурт получил статистически значимо более низкие баллы по всем оцененным параметрам независимо от времени хранения. Тем не менее, йогурт с муссом из облепихи получил относительно высокий балл, так как по всем параметрам он набрал более 4 баллов из 5.

Аналогичным образом Terrou et al. провели органолептический анализ замороженного йогурта, обогащенного ягодами облепихи, с участием 10 участников. Замороженный йогурт, замороженный йогурт со свободными пробиотиками и замороженный йогурт с пробиотиками, иммобилизованными на ягодах облепихи, - все они получили высокие баллы и характеризовались молочным вкусом, гладкостью и сладостью на аналогичной основе. Образцы замороженного йогурта с ягодами имели более выраженный цитрусовый аромат и вкус.

При создании нового сыра типа фета, обогащенного ягодами облепихи, Terrou et al. зафиксировали, что добавление ягод обогащает аромат сыра за счет повышенного содержания терпенов и карбонильных соединений. Что касается сенсорной оценки, проведенной 10 сотрудниками лаборатории, никаких существенных различий между образцами с ягодами и без них не наблюдалось.

На основании этого можно сделать вывод, что кисловатый вкус плодов облепихи маскируется в среде йогурта или сыра. Отчетливые органолептические свойства этой культуры не препятствуют возможности создания новых молочных продуктов, содержащих плоды облепихи.

3.3. Микробиологическая и физико-химическая стабильность

Selvamuthukumaran et al. контролировали стабильность йогурта, обогащенного сиропом плодов облепихи, хранимого в течение 21 дня при 4 ° С и 15 ° С. Йогурт из свежих фруктов не содержал грибков и кишечных бактерий. Дрожжи и плесень были обнаружены во фруктовом йогурте на 21 и 6 день при хранении при 15 ° С и 4 ° С соответственно. Колиформные бактерии были обнаружены на 15-й и 6-й день при хранении при 15 ° С и 4 ° С соответственно. Таким образом, было доказано, что хранение йогурта с сиропом плодов облепихи в холодильных условиях необходимо для обеспечения безопасности продукта. Кроме того, Selvamuthukumaran et al. контролировали стабильность витамина С, витамина Е, каротиноидов, антоцианов и фенолов. Все соединения были стабильными и существенно не меняли свои количества при хранении при обеих температурах.

При приготовлении пробиотического йогурта с муссом из плодов облепихи Brodziak et al. контролировали микробиологическую и физико-химическую стабильность продукта при хранении в течение 21 дня в холодильных условиях с температурой в диапазоне 4–6 ° С. По сравнению с обычным йогуртом, общее количество бактерий было выше в йогурте, содержащем мусс, в первый день. Тем не менее, обогащенный йогурт показал тенденцию к снижению общего количества бактерий, а простой йогурт - нет. В результате общее количество бактерий было ниже для йогурта с муссом при более позднем хранении. Напротив, обогащенный йогурт содержал большее количество грибков при каждой оценке. В целом оба вида йогуртов соответствовали санитарно-гигиеническим требованиям в течение 21-дневного срока хранения. Анализ микроструктуры показал, что добавление мусса из облепихи привело к образованию все больших и больших пустот в структуре продукта. Это может повысить усвояемость продукта за счет большей площади поверхности, доступной для пищеварительных ферментов. Однако большая площадь поверхности продукта также означает более высокую восприимчивость к повреждающим воздействиям. Это подтверждалось потерей первоначальной структуры обогащенного продукта после 21 дня хранения и образованием гелеобразной текстуры.

4. Немолочные продукты с пробиотиками.

В настоящее время пробиотические продукты обычно попадают в категорию молочных продуктов, которые не подходят для людей с непереносимостью лактозы. Поэтому имеет немаловажное значение поиск новых рецептур и расширение ассортимента пробиотических продуктов немолочными продуктами. Облепиха недостаточно изучена в этом вопросе, но исследования других фруктов указали на возможность создания пробиотических немолочных продуктов. Например, были успешно приготовлены пробиотические соки черники и ежевики, апельсиновый и ананасовый соки, гранатовый сок и сладкий лимонный сок [56].

Было показано, что полифенолы ягод облепихи могут способствовать размножению полезной микробиоты кишечника, входящей в группу молочнокислых бактерий, а также в роды *Bifidobacterium* и *Bacteroides*, и, таким образом, действуют как пребиотический материал [57]. Хотя необходимы дальнейшие исследования, это предположение согласуется с многочисленными исследованиями, подтверждающими пребиотический эффект пищевых полифенолов [58]. С другой стороны, хорошо известны антипатогенные эффекты полифенолов. Различные метаболиты полифенолов могут быть токсичными в отношении некоторых кишечных бактерий, но, по-видимому, способствуют росту других кишечных бактерий; следовательно, эти соединения могут одновременно проявлять антипатогенное и пребиотическое действие. Нелегко определить конкретный принцип модуляции микробиоты кишечника в ответ на потребление полифенолов. Похоже, что живущие в организме кишечные бактерии выработали большую толерантность к диетическим полифенолам, а также экспрессируют специализированные метаболические пути. Фенолы в разной степени метаболизируются конкретными бактериями, и произведенные таким образом ароматические метаболиты впоследствии задерживаются клеткой или высвобождаются в окружающую среду. Высвобождаемые метаболиты могут влиять на рост бактерий, их продуцирующих, а также на рост других соседних видов бактерий. Более того, высвободившиеся метаболиты становятся доступными для других видов бактерий. В этом процессе многие фенолы метаболизируются различными бактериями и подвергаются обширной биотрансформации. Из-за

сложного состава кишечной микробиоты и их взаимодействия механизм видоспецифического действия полифенолов полностью не определен [59].

Swanson et al. [60, 61], как часть Международной научной ассоциации пробиотиков и пребиотиков, указали на преимущества синбиотиков - смеси живых микроорганизмов и субстрата, избирательно используемого микробиотой человека, которые действуют на здоровье организма. Синбиотики могут быть комбинацией пробиотиков и пребиотиков; однако синергетический эффект объединенных компонентов может привести к пользе для здоровья, которую не вызывают отдельные компоненты. По этой причине может быть плодотворным изучение новых способов, с помощью которых полезные для здоровья или пребиотические материалы могут быть смешаны с микроорганизмами, улучшая благополучие человека. Опять же, исследования плодов облепихи в этой области не являются исчерпывающими.

4.1. Жизнеспособность пробиотиков

Maftéi et al. [62] разработали напитки, состоящие из соевого молока и с добавлением до 20% фруктового сиропа облепихи и внесением *Lactobacillus casei* subsp. *paracasei*. Чем больше добавляется сироп, тем больше увеличивается количество жизнеспособных бактериальных клеток во время ферментации. Кроме того, ферментация при 37 ° C показала лучшие результаты, чем ферментация при 30 ° C. В конце хранения 14 дней при температуре 4 ° C, КОЕ · мл⁻¹ из *Lactobacillus Casei* подвид. *paracasei* был определен для напитков с добавлением 20% сиропа, ферментированного при 37 ° C. Популяция жизнеспособных клеток была выше значения 7 log КОЕ · мл⁻¹ для всех образцов. Положительный эффект добавления сиропа был также подтвержден мониторингом напитков в моделируемых желудочных и кишечных условиях. Чем выше добавка сиропа, тем выше выживаемость пробиотиков. Выживаемость 37% и 33% бактерий была достигнута в искусственных желудочных соках с добавлением 20% сиропа для напитков, ферментированных при 37 ° C и 30 ° C, соответственно. В искусственных кишечных соках выживаемость составила 45% и 34% для тех же напитков, ферментированных при 37 ° C и 30 ° C, соответственно. Исследование показало, что соевое молоко с добавлением сиропа плодов облепихи может использоваться как средство доставки пробиотического штамма *Lactobacillus casei* subsp. *paracasei*. [63,64].

Sireswat et al. [65] оценили способность *Lactobacillus rhamnosus* выживать в облепиховом соке. Чтобы создать подходящую среду для поддержания достаточного количества жизнеспособных пробиотических клеток, облепиховый сок имел значение pH, скорректированное тринатрийцитратом, и был дополнен 4% концентратом сывороточного белка, 4% изолятом соевого белка или 2% обезжиренным молоком. Значение pH для отдельных соков с добавками составляло 4,5, 3 и 2,8 соответственно. В течение 14 дней хранения при 4 ° C только сок с добавлением концентрата сывороточного протеина с самым высоким протестированным значением pH поддерживал количество пробиотиков выше 8 log КОЕ · мл⁻¹. Сок с добавлением изолята соевого белка и обезжиренного молока с более низкими значениями pH, сохранившийся всего 4 log КОЕ · мл⁻¹ и 2 log КОЕ · мл⁻¹ жизнеспособных клеток, соответственно. Из-за кислого характера сока облепихи кажется, что необходима корректировка pH.

Кроме того, вышеуказанные авторы провели другое аналогичное исследование, в котором они подтвердили способность пробиотических штаммов *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus* или *Lactobacillus casei* сохранять популяцию клеток выше 8 log КОЕ · мл⁻¹ в соке облепихи с добавлением 4% концентрат сывороточного протеина или 5% солод. Как и в упомянутом выше исследовании, необходимо было довести pH сока до 4,5, чтобы предотвратить снижение количества пробиотических клеток [66]. Charalampopoulos et al. [67] продемонстрировали, что экстракты солода, сыворотки и ячменя обладают значительным защитным действием на жизнеспособность *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* и *Lactobacillus reuteri* в течение 4 ч в кислой среде с pH 2,5. Улучшение жизнеспособности коррелировало с содержанием мальтозы или глюкозы.

4.2. Сенсорные свойства

При приготовлении напитка из соевого молока с добавлением облепихового сиропа Maftéi et al. провели сенсорный анализ с участием 10 участников. Цвет и общая приемлемость были оценены лучше для напитков с добавлением 20% сиропа по сравнению с более низкими добавками. Напиток с добавлением 5% получил более низкий балл по текстуре по сравнению с напитками с более высоким содержанием. Что касается аромата и вкуса, не было значительных различий в оценках между напитками с различными добавками сиропа. Был сделан вывод, что добавление 20% облепихового сиропа может улучшить сенсорные свойства пробиотического напитка из соевого молока.

4.3. Антипатогенная активность

Известно, что одним из многих преимуществ пробиотиков является подавление болезнетворных микроорганизмов. Что касается полифенолов, то накопленные данные свидетельствуют о том, что они оказывают видоспецифическое воздействие на микроорганизмы. Существуют исследования, подтверждающие антипатогенные свойства полифенолов, а также исследования, подтверждающие положительное влияние полифенолов на пробиотические бактерии. Таким образом, комбинация полифенол-пробиотик может

действовать синергетически. По этой причине эти два антипатогенных фактора могут быть ценным средством поддержания здоровой микробиоты кишечника и предотвращения роста патогенов в пищевых матрицах

Sireswat et al. [65] сравнили влияние сока облепихи и сока облепихи, обогащенного *Lactobacillus rhamnosus* ($8 \log \text{KOE} \cdot \text{мл}^{-1}$), на рост *Escherichia coli* ($6 \log \text{KOE} \cdot \text{мл}^{-1}$). Полное ингибирование было достигнуто в течение 6 дней хранения при 4°C и 10°C для пробиотического сока, в то время как непобиотический сок не подавлял *Escherichia coli* в течение 14 дней мониторинга. Таким образом, можно сделать вывод, что пробиотический штамм является препятствием для роста *Escherichia coli*.

Sireswat et al. [66] отслеживали влияние добавления пробиотических штаммов *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* или *Lactobacillus casei* (каждый $8 \log \text{KOE} \cdot \text{мл}^{-1}$) на антипатогенные свойства сока облепихи с добавками. Вклад пробиотических бактерий в ингибирование энтеропатогенных *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella dysenteriae* и *Shigella flexneri* ($6 \log \text{KOE} \cdot \text{мл}^{-1}$) в соке был подтвержден активностью *Lactobacillus rhamnosus* быть выше. Кроме того, при сравнении влияния двух различных добавок в сок облепихи, обогащенный *Lactobacillus rhamnosus*, на жизнеспособность патогенных бактерий, лучшее ингибирование было обнаружено соком с добавлением солода по сравнению с соком с добавлением концентрата сывороточного протеина. Энтеропатогенные *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella dysenteriae* и *Shigella flexneri* подавлялись соком с добавлением солода в течение 1, 1, 1 и 4 дней соответственно, в то время как сок с добавлением концентрата сывороточного протеина подавлял эти патогены за 4, 3, 4 и 8 дней соответственно. Похоже, что для достижения синергического эффекта сока облепихи и пробиотических штаммов против патогенных бактерий необходимо учитывать выбор правильного пробиотического штамма, добавок и корректировку pH.

5. Выводы

Разработка новых пищевых продуктов должна быть направлена на улучшение качества питания человека. Плоды облепихи представляют собой подходящее сырье, которое необходимо включать в состав продуктов питания для достижения этой цели. В этом отношении самой большой проблемой, кажется, являются его неоднозначные органолептические свойства. Результат анализа, который представлен в данном обзоре, решением является яблочно-молочное брожение сока и включение плодов облепихи или их компонентов в ферментированные молочные продукты. Таким образом можно получить новые виды ферментированных пищевых продуктов, характеризующиеся низкой степенью обработки, что дает экономическое преимущество и увеличение пищевой ценности самого готового продукта. Более того, обработка плодов облепихи путем ферментации не только влияет на вкусовые качества плодов, но и усиливает их благоприятный эффект. В последние годы, многие исследования продуктов, ферментированных молочнокислыми бактериями, указывают на изменения в составе полифенолов. Показано, что эти изменения усиливают антиоксидантную активность ферментированного продукта, а также увеличивают биодоступность биоактивных соединений. Плоды облепихи богаты антиоксидантами, из которых наиболее широко представлены полифенолы. Поэтому исследования их модификаций в результате ферментации следует проводить более интенсивно.

Кроме того, взаимодействие плодов облепихи с полезными бактериями двустороннее, так как ферментация не только приводит к изменению химического состава плодов облепихи, но и влияет на пробиотики. Было признано, что плоды облепихи или их компоненты могут быть полезной добавкой к пробиотическим продуктам, молочным или немолочным, из-за их положительного влияния на жизнеспособность пробиотических бактерий. Пробиотическая пища включается в рацион людей во всем мире, поскольку считается важным для поддержания здоровой микробиоты кишечника и общего состояния здоровья. Поскольку плоды облепихи демонстрируют свойства пребиотиков, их необходимо учитывать при исследованиях синергических пищевых матриц, сочетающих пробиотики и пребиотический материал.

Хотя использование плодов облепихи сопряжено с некоторыми проблемами, а исследования по этой теме все еще недостаточны, плод облепихи может стать новым растительным ингредиентом здоровой пищи, и его стоит включать в новые продукты. Выводы проведенных исследований указывают и подтверждают возможности и преимущества использования плодов облепихи в ферментированных и пробиотических продуктах. Однако необходимы дальнейшие исследования в этой области, чтобы можно было разработать наиболее подходящие рецептуры пищевых продуктов, содержащих плоды облепихи или продукты ее переработки.

Список литературы

1. Кольтюгина О.В. Исследование химического состава плодов облепихи и возможности использования ее в продуктах питания / О.В. Кольтюгина // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. – 2012. – №1(87). – С. 82-84.
2. Короткая Е.В. Исследование физико-химических показателей свежих и замороженных плодов облепихи / Е.В. Короткая, И.А. Короткий // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – №1. – С. 116-117.
3. Sytařová I. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times / Sytařová I., Orsavová J., Snopek L., Mlček J., Byszczynski Ł., Mišurcová L. // Food Chem.-2020.-V. 310.-P. 125784.

4. Teleszko M. Analysis of Lipophilic and Hydrophilic Bioactive Compounds Content in Sea Buckthorn Berries / Teleszko M., Wojdyło A., Rudzińska M., Oszmiański J., Golis T. // J. Agric. Food Chem. – 2015.- V.63. – pp. 4120–4129
5. Мамедова Ш.М. Содержание и качественный состав каротиноидов плодов некоторых форм облепихи (*hippophae rhamnoides* L.), произрастающих в северном Азербайджане / Ш.М. Мамедова, Э.Н. Новрузов // Вестник Московского гос. областного ун-та. Сер. Естественные науки. 2016. – №3. – С. 33–41.
6. İlhan G. Main Agro-Morphological and Biochemical Berry Characteristics of Wild-Grown Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *caucasica* Rousi) Genotypes in Turkey / İlhan G., Gundogdu M., Karlović K., Židovec V., Vokurka A., Ercişli S. // Sustainability.- 2021.-V. 13.- p. 1198.
7. Forouzanfar M.H. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 / Forouzanfar M.H., Afshin A., Alexander L.T., Anderson H.R., Bhutta Z.A., Biryukov S., Brauer M., Burnet, R., Cercy K., Charlson F.J. et al // Lancet .- 2016. -V. 388.-pp. 1659–1724.
8. Larmo P.S. Effects of sea buckthorn and bilberry on serum metabolites differ according to baseline metabolic profiles in overweight women: A randomized crossover trial / Larmo P.S., Kangas A.J., Soininen P., Lehtonen H.M., Suomela J.// Am. J. Clin. Nutr.- 2013.-V. 98.-pp. 941–951
9. Mortensen M.W. Sea buckthorn decreases and delays insulin response and improves glycaemic profile following a sucrose-containing berry meal: A randomised, controlled, crossover study of Danish sea buckthorn and strawberries in overweight and obese male subjects / Mortensen M.W., Spagner C., Cuparencu C., Astrup A., Raben A., Dragsted L.O.// Eur. J. Nutr.- 2018.- V. 57.- pp. 2827–2837.
10. Pham-Huy L. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health / Pham-Huy L.A., He H., Pham-Huy C.// Int. J. Biomed. Sci. – 2008.- V. 4.- pp. 89–96.
11. Criste, A. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.) Varieties / Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P., Olah N.K., Madden R.H., Corcionivoschi N.// Molecules .- 2020.- V.25.- p. 1170.
12. Rop O. Antioxidant and radical scavenging activities in fruits of 6 sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars / Rop O., Ercişli S., Mlcek J., Jurikova T., Hoza I. // Turk. J. Agric. For. – 2014.-V. 38.-pp. 224–232.
13. Olas B. *Hippophae rhamnoides* L. Fruits Reduce the Oxidative Stress in Human Blood Platelets and Plasma / Olas B., Kontek B., Malinowska P., Żuchowski J., Stochmal A. // Oxidative Med. Cell. Longev.- 2016.-V.2016.- pp. 4692486.
14. Skalski B. Isorhamnetin and its new derivatives isolated from sea buckthorn berries prevent H₂O₂/Fe—Induced oxidative stress and changes in hemostasis / Skalski B., Lis B., Pecio L., Kontek B., Olas B., Żuchowski J., Stochmal A. // Food Chem. Toxicol. -2019.- V.125.-pp. 614–620
15. Bao M. Flavonoids From Seabuckthorn Protect Endothelial Cells (EA.hy926) From Oxidized Low-density Lipoprotein Induced Injuries Via Regulation of LOX-1 and eNOS Expression / Bao M., Lou Y. // J. Cardiovasc. Pharmacol. -2006.-V. 48.- pp. 834–841.
16. Geetha S. Cytoprotective and Antioxidant Activity of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Flavones Against tert-Butyl Hydroperoxide-Induced Cytotoxicity in Lymphocytes / Geetha, S.; Ram, M.S.; Sharma, S.; Ilavazhagan, G.; Banerjee, P.; Sawhney, R. // J. Med. Food. - 2009.- V. 12.- pp. 151–158.
17. Ma X. Role of Flavonols and Proanthocyanidins in the Sensory Quality of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Berries / Ma X., Yang, W., Laaksonen O., Nylander M., Kallio H., Yang B J.// Agric. Food Chem. – 2017.-V. 65.-pp. 9871–9879
18. Tiitinen K.M. Quality Components of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) Varieties / Tiitinen K.M., Hakala A.M.A., Kallio H.P. // J. Agric. Food Chem. - 2005.- V. 53.- pp. 1692–1699.
19. Laaksonen O. Sensory properties and consumer characteristics contributing to liking of berries / Laaksonen O., Knaapila A., Niva T., Deegan K.C., Sandell M. // Food Qual. Prefer. -2016.- V.53.- pp.117–126.
20. Skapska S. The Development and Consumer Acceptance of Functional Fruit-Herbal Beverages / Skapska, S.; Marszałek, K.; Woźniak, Ł.; Szczepańska, J.; Danielczuk, J.; Zawada, K. // Foods.- 2020.- v.9.- p. 1819.
21. Marco M.L. Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond / Marco M.L.; Heeney, D.; Binda, S.; Cifelli, C.J.; Cotter, P.D.; Foligné, B.; Gänzle, M.; Kort, R.; Pasin, G.; Pihlanto, A.; et al. // Curr. Opin. Biotechnol. – 2017.- v. 44.- pp. 94–102.
22. Zhang Y. Enhancement of functional characteristics of blueberry juice fermented by *Lactobacillus plantarum* / Zhang Y.; Liu, W.; Wei, Z.; Yin, B.; Man, C.; Jiang, Y.// LWT.- 2020. – v. 139.- p. 110590.
23. Wu Y. 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 / Wu Y.; Li, S.; Tao, Y.; Li, D.; Han, Y.; Show, P.L.; Wen, G.; Zhou, J. // Food Chem.- 2021.- v. 348.- p.129083
24. Ricci A. In vitro metabolism of elderberry juice polyphenols by lactic acid bacteria / Ricci A., Cirilini M., Calani L., Bernini V., Neviani E., Del Rio D., Galaverna G., Lazzi C. // Food Chem. - 2019.- V. 276.- pp.692–699.

25. Markkinen N. Impact of lactic acid fermentation on acids, sugars, and phenolic compounds in black chokeberry and sea buckthorn juices / Markkinen N.; Laaksonen, O.; Nahku, R.; Kuldjärv, R.; Yang, B. // Food Chem. - 2019.- V.286.- pp. 204–215.
26. Ricci A. Volatile profile of elderberry juice: Effect of lactic acid fermentation using *L. plantarum*, *L. rhamnosus* and *L. casei* strains / Ricci A.; Cirlini, M.; Levante, A.; Dall'Asta, C.; Galaverna, G.; Lazzi, C. // Food Res. Int.- 2018.- v.105.- pp.412–422.
27. Chen C. Influence of 4 lactic acid bacteria on the flavor profile of fermented apple juice / Chen C., Lu Y., Yu H., Chen Z., Tian H. // Food Biosci. – 2019.- v. 27.- pp. 30–36.
28. Wu C. Effects of lactic acid fermentation-based biotransformation on phenolic profiles, antioxidant capacity and flavor volatiles of apple juice / Wu C., Li T., Qi J., Jiang T., Xu H., Lei H. // LWT. - 2020.- v. 122.- p. 109064.
29. Muhialdin B.J. Effects of metabolite changes during lacto-fermentation on the biological activity and consumer acceptability for dragon fruit juice / Muhialdin B.J., Kadum H., Zarei M., Hussin A.S.M.// LWT.- 2020.- v. 121 - p.108992.
30. Du Toit M. Lactobacillus: The Next Generation of Malolactic Fermentation Starter Cultures—an Overview / Du Toit M., Engelbrecht L., Lerm E., Krieger-Weber S. // Food Bioprocess Technol. – 2010.- v. 4.- pp. 876–906.
31. Filannino P. Metabolic Responses of Lactobacillus plantarum Strains during Fermentation and Storage of Vegetable and Fruit Juices / Filannino P., Cardinali G., Rizzello C.G., Buchin S., De Angelis M., Gobbetti M., Di Cagno R. // Appl. Environ. Microbiol. – 2014.- v. 80. - pp. 2206–2215.
32. Miller B.J. Expression of the Malolactic Enzyme Gene (*mle*) from Lactobacillus plantarum Under Winemaking Conditions / Miller B.J., Franz C.M.A.P., Cho G.-S., Du Toit M. // Curr. Microbiol. – 2011.-v. 62.- pp.1682–1688.
33. Zheng J. Sugars, sugar alcohols, fruit acids, and ascorbic acid in wild Chinese sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* ssp. *sinensis*) with special reference to influence of latitude and altitude / Zheng J., Kallio H., Linderborg K., Yang B. // Food Res. Int.- 2011.- v. 44.- pp. 2018–2026.
34. Tiitinen K. Malolactic fermentation in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) juice processing / Tiitinen K., Vahvaselkä M., Hakala M., Laakso S., Kallio H. // Eur. Food Res. Technol. – 2005.- v. 222.- pp. 686–691.
35. Tkacz K. Dynamics of changes in organic acids, sugars and phenolic compounds and antioxidant activity of sea buckthorn and sea buckthorn-apple juices during malolactic fermentation / Tkacz K., Chmielewska J., Turkiewicz I.P., Nowicka P., Wojdyło A. // Food Chem.- 2020.- v. 332.- p. 127382.
36. Zheng J. Effects of Genotype, Latitude, and Weather Conditions on the Composition of Sugars, Sugar Alcohols, Fruit Acids, and Ascorbic Acid in Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* ssp. *mongolica*) Berry Juice / Zheng J., Yang B., Trépanier M., Kallio H. // J. Agric. Food Chem.- 2012.- v. 60.- pp. 3180–3189
37. Tiitinen K. Effect of malolactic fermentation on the volatile aroma compounds in four sea buckthorn varieties / Tiitinen K., Vahvaselkä M., Hakala M., Laakso S., Kallio H. // In Developments in Food Science Amsterdam, The Netherlands. – 2006.- Vol. 43.- pp. 101–104.
38. Hashemi S.M.B. Fermentation of bergamot juice with Lactobacillus plantarum strains in pure and mixed fermentations: Chemical composition, antioxidant activity and sensorial properties / Hashemi S.M.B., Jafarpour D. // LWT. - 2020.- V. 131.- p. 109803.
39. Filannino P. Exploitation of the health-promoting and sensory properties of organic pomegranate (*Punica granatum* L.) juice through lactic acid fermentation / Filannino P., Azzi L., Cavoski I., Vincentini O., Rizzello C.G., Gobbetti M., Di Cagno R. // Int. J. Food Microbiol. - 2013.- V. 163. – pp.184–192.
40. Hur S.J. Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods / Hur S.J., Lee S.Y., Kim Y., Choi I., Kim G.-B. // Food Chem.- 2014.- V. 160.- pp. 346–356.
41. Burda S. Antioxidant and Antiradical Activities of Flavonoids / Burda S., Oleszek W J.// Agric. Food Chem.- 2001.- V. 49.- pp. 2774–2779.
42. Cai Y.-Z. Structure–radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants / Cai Y.-Z., Sun M., Xing J., Luo Q., Corke H. // Life Sci.- 2006.- V.78.- pp. 2872–2888.
43. Li Z. Enhanced Antioxidant Activity for Apple Juice Fermented with Lactobacillus plantarum ATCC14917 / Li Z., Teng J., Lyu Y., Hu X., Zhao Y., Wang M. // Molecules. - 2018.- V.24.- p. 51.
44. Filannino P. Lactic Acid Fermentation of Cactus Cladodes (*Opuntia ficus-indica* L.) Generates Flavonoid Derivatives with Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties / Filannino P., Cavoski I., Thlien N., Vincentini O., De Angelis M., Silano M., Gobbetti M., Di Cagno R. // PLoS ONE. - 2016.- V. 11.- e0152575
45. Sharma R. Plant-polyphenols based second-generation synbiotics: Emerging concepts, challenges, and opportunities / Sharma R., Padwad Y. // Nutrition. – 2020.- V. 77.- p. 110785.
46. FAO; WHO. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria // In FAO Food and Nutrition Paper. FAO/WHO: Cardoba, Argentina.- 2001.

47. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to live yoghurt cultures and improved lactose digestion (ID 1143, 2976) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006 // EFSA J. – 2010.- V. 8.- p. 1763.
48. Terpou A. Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value / Terpou A., Papadaki A., Lappa I.K., Kachrimanidou V., Bosnea L.A., Kopsahelis N. // *Nutrients*. – 2019.- V. 11.- p.1591.
49. Selvamuthukumar M. Evaluation of Shelf Stability of Antioxidant Rich Seabuckthorn Fruit Yoghurt / Selvamuthukumar M., Khanum F. // *Int. Food Res. J.* -2014.- V. 21.- pp. 759–765.
50. Gunenc A. Seabuckthorn as a novel prebiotic source improves probiotic viability in yogurt / Gunenc A., Khoury C., Legault C., Mirrashed H., Rijke J., Hosseini F. // *LWT*. - 2016.- V. 66.- pp. 490–495.
51. Brodziak A. Effect of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Mousse on Properties of Probiotic Yoghurt / Brodziak A., Król J., Matwijczuk A., Czernecki T., Glibowski P., Wlazło Ł., Litwińczuk A. // *Appl. Sci.* – 2021.- V. 11.- p. 545.
52. Pop O.L. Characterization of a Sea Buckthorn Extract and Its Effect on Free and Encapsulated *Lactobacillus casei* / Pop O.L., Dulf F.V., Cuibus L., Castro-Giráldez M., Fito P.J., Vodnar D.C., Coman C., Socaciu C., Suharoschi R. // *Int. J. Mol. Sci.* -2017.- V. 18/- p. 2513.
53. Terpou A. Novel frozen yogurt production fortified with sea buckthorn berries and probiotics / Terpou A., Papadaki A., Bosnea L., Kanellaki M., Kopsahelis N. // *LWT*. - 2019.- V. 105.- pp. 242–249.
54. Terpou A. Novel cheese production by incorporation of sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L.) supported probiotic cells / Terpou A., Gialleli A.-I., Bosnea L., Kanellaki M., Koutinas A.A., Castro G.R. // *LWT*. – 2017. – V. 79.- pp. 616–624.
55. Sheehan V.M. Assessing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices / Sheehan V.M., Ross P., Fitzgerald G.F.// *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* – 2007.- V. 8.- pp. 279–284.
56. Mousavi Z.E. Effect of Fermentation of Pomegranate Juice by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* on the Antioxidant Activity and Metabolism of Sugars, Organic Acids and Phenolic Compounds / Mousavi Z.E., Mousavi S.M., Razavi S.H., Hadinejad M., Emam-Djomeh Z., Mirzapour M.// *Food Biotechnol.*- 2013.- V. 27.- pp. 1–13.
57. Hashemi S.M.B. Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities / Hashemi S.M.B., Khaneghah A.M., Barba F.J., Nemati Z., Shokofte S.S., Alizadeh F. // *J. Funct. Foods*.- 2017.- V. 38.- p. 409–414.
58. Attri S. Colonic fermentation of polyphenolics from Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries: Assessment of effects on microbial diversity by Principal Component Analysis / Attri S., Sharma K., Raigond P., Goel G.// *Food Res. Int.* – 2018.- V. 105.- pp. 324–332.
59. Alves-Santos A.M. Prebiotic effect of dietary polyphenols: A systematic review / Alves-Santos A.M., Sugizaki C.S.A., Lima G.C., Naves M.M.V.// *J. Funct. Foods*.- 2020.- V. 74.- p.104169.
60. Lee H.C. Effect of tea phenolics and their aromatic fecal bacterial metabolites on intestinal microbiota / Lee H.C., Jenner A.M., Low C.S., Lee Y.K. // *Res. Microbiol.*- 2006.- V. 157.- pp. 876–884.
61. Aravind S.M. Role of dietary polyphenols on gut microbiota, their metabolites and health benefits / Aravind S.M., Wichienchot S., Tsao R., Ramakrishnan S., Chakkaravarthi S. // *Food Res. Int.* – 2021. V.142.- p.110189.
62. Swanson K.S. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics / Swanson K.S., Gibson G.R., Hutkins R., Reimer R.A., Reid G., Verbeke K., et al. // *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*- 2020.- V. 17.- pp. 687–701.
63. Maftai N.-M. New fermented functional product based on soy milk and sea buckthorn syrup / Maftai N.-M., Aprodu I., Dinică R., Bahrim G.// *CyTA J. Food* .- 2013.- V. 11.-pp. 256–269.
64. Sireswar S. Evaluation of Probiotic *L. rhamnosus* GG as a Protective Culture in Sea Buckthorn-Based Beverage / Sireswar S., Dey G., Dey K., Kundu A.// *Beverages*.- 2017- V. 3. - p. 48.
65. Sireswar S. Design of probiotic-fortified food matrices influence their antipathogenic potential / Sireswar S., Dey G., Sreesoundarya T., Sarkar D. // *Food Biosci.* -2017.- V. 20.- pp.28–35.
66. Charalampopoulos D. Evaluation of the effect of malt, wheat and barley extracts on the viability of potentially probiotic lactic acid bacteria under acidic conditions / Charalampopoulos D., Pandiella S.S., Webb C. // *Int. J. Food Microbiol.* - 2003.- V. 82. – pp. 133–141.

References

1. Koltyugina O.V. Investigation of the chemical composition of sea buckthorn fruits and the possibility of using it in food products / O.V. Koltyugin // *Vestnik Altayskogo gos. agrarnogo un-ta.* – 2012. – №1(87). – pp. 82–84.
2. Korotkaya E.V. Investigation of physical and chemical indicators of fresh and frozen sea buckthorn fruits / E.V. Korotkaya, I.A. Short // *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya.* – 2008. – №1. – pp. 116–117.

3. Sytařová I. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times / Sytařová I., Orsavová J., Snopek L., Mlček J., Byczyński Ł., Mišurcová L. // *Food Chem.*-2020.-V. 310.-P. 125784.
4. Teleszko M. Analysis of Lipophilic and Hydrophilic Bioactive Compounds Content in Sea Buckthorn Berries / Teleszko M., Wojdyło A., Rudzińska M., Oszmiański J., Golis T. // *J. Agric. Food Chem.* – 2015.- V.63. – pp. 4120–4129
5. Mamedova Sh.M. Content and qualitative composition of carotenoids in fruits of some forms of sea buckthorn (*hippophae rhamnoides* L.) growing in northern Azerbaijan / Sh.M. Mamedova, E.N. Novruzov // *Vestnik Moskovskogo gos. oblastnogo un-ta. Ser. Yestestvennyye nauki.* 2016. – №3. – pp. 33-41.
6. Ilhan G. Main Agro-Morphological and Biochemical Berry Characteristics of Wild-Grown Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. caucasica Rousi) Genotypes in Turkey / Ilhan G., Gundogdu M., Karlović K., Židovec V., Vokurka A., Ercişli S. // *Sustainability.*- 2021.-V. 13.- p. 1198.
7. Forouzanfar M.H. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 / Forouzanfar M.H., Afshin A., Alexander L.T., Anderson H.R., Bhutta Z.A., Biryukov S., Brauer M., Burnet, R., Cercy K., Charlson F.J. et al // *Lancet.* - 2016. -V. 388.-pp. 1659–1724.
8. Larmo P.S. Effects of sea buckthorn and bilberry on serum metabolites differ according to baseline metabolic profiles in overweight women: A randomized crossover trial / Larmo P.S., Kangas A.J., Soininen P., Lehtonen H.M., Suomela J.// *Am. J. Clin. Nutr.*- 2013.-V. 98.-pp. 941–951
9. Mortensen M.W. Sea buckthorn decreases and delays insulin response and improves glycaemic profile following a sucrose-containing berry meal: A randomised, controlled, crossover study of Danish sea buckthorn and strawberries in overweight and obese male subjects / Mortensen M.W., Spagner C., Cuparencu C., Astrup A., Raben A., Dragsted L.O.// *Eur. J. Nutr.*- 2018.- V. 57.- pp. 2827–2837.
10. Pham-Huy L. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health / Pham-Huy L.A., He H., Pham-Huy C.// *Int. J. Biomed. Sci.* – 2008.- V. 4.- pp. 89–96.
11. Criste, A. Phytochemical Composition and Biological Activity of Berries and Leaves from Four Romanian Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides* L.) Varieties / Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P., Olah N.K., Madden R.H., Corcionivoschi N.// *Molecules.* - 2020.- V.25.- p. 1170.
12. Rop O. Antioxidant and radical scavenging activities in fruits of 6 sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars / Rop O., Ercişli S., Mlcek J., Jurikova T., Hoza I. // *Turk. J. Agric. For.* – 2014.-V. 38.-pp. 224–232.
13. Olas B. Hippophae rhamnoides L. Fruits Reduce the Oxidative Stress in Human Blood Platelets and Plasma / Olas B., Kontek B., Malinowska P., Żuchowski J., Stochmal A. // *Oxidative Med. Cell. Longev.*- 2016.- V.2016.- pp. 4692486.
14. Skalski B. Isorhamnetin and its new derivatives isolated from sea buckthorn berries prevent H₂O₂/Fe—Induced oxidative stress and changes in hemostasis / Skalski B., Lis B., Pecio L., Kontek B., Olas B., Zuchowski J., Stochmal A. // *Food Chem. Toxicol.* -2019.- V.125.-pp. 614–620
15. Bao M. Flavonoids From Seabuckthorn Protect Endothelial Cells (EA.hy926) From Oxidized Low-density Lipoprotein Induced Injuries Via Regulation of LOX-1 and eNOS Expression / Bao M., Lou Y. // *J. Cardiovasc. Pharmacol.* -2006.-V. 48.- pp. 834–841.
16. Geetha S. Cytoprotective and Antioxidant Activity of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Flavones Against tert-Butyl Hydroperoxide-Induced Cytotoxicity in Lymphocytes / Geetha, S.; Ram, M.S.; Sharma, S.; Ilavazhagan, G.; Banerjee, P.; Sawhney, R. // *J. Med. Food.* - 2009.- V. 12.- pp. 151–158.
17. Ma X. Role of Flavonols and Proanthocyanidins in the Sensory Quality of Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) Berries / Ma X., Yang, W., Laaksonen O., Nylander M., Kallio H., Yang B. // *J. Agric. Food Chem.* – 2017.-V. 65.-pp. 9871–9879
18. Tiitinen K.M. Quality Components of Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) Varieties / Tiitinen K.M., Hakala A.M.A., Kallio H.P. // *J. Agric. Food Chem.* - 2005.- V. 53.- pp. 1692–1699.
19. Laaksonen O. Sensory properties and consumer characteristics contributing to liking of berries / Laaksonen O., Knaapila A.; Niva T., Deegan K.C., Sandell M. // *Food Qual. Prefer.* -2016.- V.53.- pp.117–126.
20. Skąpska S. The Development and Consumer Acceptance of Functional Fruit-Herbal Beverages / Skąpska, S.; Marszałek, K.; Woźniak, Ł.; Szczepańska, J.; Danielczuk, J.; Zawada, K. // *Foods.*- 2020.- v.9.- p. 1819.
21. Marco M.L. Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond / Marco M.L.; Heeney, D.; Binda, S.; Cifelli, C.J.; Cotter, P.D.; Foligné, B.; Gänzle, M.; Kort, R.; Pasin, G.; Pihlanto, A.; et al. // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2017.- v. 44.- pp. 94–102.
22. Zhang Y. Enhancement of functional characteristics of blueberry juice fermented by *Lactobacillus plantarum* / Zhang Y.; Liu, W.; Wei, Z.; Yin, B.; Man, C.; Jiang, Y.// *LWT.*- 2020. – v. 139.- p. 110590.
23. Wu Y. 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 / Wu Y.; Li, S.; Tao, Y.; Li, D.; Han, Y.; Show, P.L.; Wen, G.; Zhou, J. // Food Chem.- 2021.- v. 348.- p.129083
24. Ricci A. In vitro metabolism of elderberry juice polyphenols by lactic acid bacteria / Ricci A., Cirlini M., Calani L., Bernini V., Neviani E., Del Rio D., Galaverna G., Lazzi C. // Food Chem. - 2019.- V. 276.- pp.692–699.
 25. Markkinen N. Impact of lactic acid fermentation on acids, sugars, and phenolic compounds in black chokeberry and sea buckthorn juices / Markkinen N.; Laaksonen, O.; Nahku, R.; Kuldjärv, R.; Yang, B. //Food Chem. - 2019.- V.286.- pp. 204–215.
 26. Ricci A. Volatile profile of elderberry juice: Effect of lactic acid fermentation using *L. plantarum*, *L. rhamnosus* and *L. casei* strains / Ricci A.; Cirlini, M.; Levante, A.; Dall'Asta, C.; Galaverna, G.; Lazzi, C. // Food Res. Int.- 2018.- v.105.- pp.412–422.
 27. Chen C. Influence of 4 lactic acid bacteria on the flavor profile of fermented apple juice / Chen C., Lu Y., Yu H., Chen Z., Tian H. // Food Biosci. – 2019.- v. 27.- pp. 30–36.
 28. Wu C. Effects of lactic acid fermentation-based biotransformation on phenolic profiles, antioxidant capacity and flavor volatiles of apple juice / Wu C., Li T., Qi J., Jiang T., Xu H., Lei H. // LWT. - 2020.- v. 122.-p. 109064.
 29. Muhialdin B.J. Effects of metabolite changes during lacto-fermentation on the biological activity and consumer acceptability for dragon fruit juice / Muhialdin B.J., Kadum H., Zarei M., Hussin A.S.M.// LWT.- 2020.- v. 121 -p.108992.
 30. Du Toit M. Lactobacillus: The Next Generation of Malolactic Fermentation Starter Cultures—an Overview / Du Toit M., Engelbrecht L., Lerm E., Krieger-Weber S. //Food Bioprocess Technol. – 2010.- v. 4.- pp. 876–906.
 31. Filannino P. Metabolic Responses of *Lactobacillus plantarum* Strains during Fermentation and Storage of Vegetable and Fruit Juices / Filannino P., Cardinali G., Rizzello C.G., Buchin S., De Angelis M., Gobbetti M., Di Cagno R. // Appl. Environ. Microbiol. – 2014.- v. 80. - pp. 2206–2215.
 32. Miller B.J. Expression of the Malolactic Enzyme Gene (*mle*) from *Lactobacillus plantarum* Under Winemaking Conditions / Miller B.J., Franz C.M.A.P., Cho G.-S., Du Toit M. // Curr. Microbiol. – 2011.-v. 62.-pp.1682–1688.
 33. Zheng J. Sugars, sugar alcohols, fruit acids, and ascorbic acid in wild Chinese sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* ssp. *sinensis*) with special reference to influence of latitude and altitude / Zheng J., Kallio H., Linderborg K., Yang B. // Food Res. Int.- 2011.- v. 44.- pp. 2018–2026.
 34. Tiitinen K. Malolactic fermentation in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) juice processing / Tiitinen K., Vahvaselkä M., Hakala M., Laakso S., Kallio H. // Eur. Food Res. Technol. – 2005.- v. 222.- pp. 686–691.
 35. Tkacz K. Dynamics of changes in organic acids, sugars and phenolic compounds and antioxidant activity of sea buckthorn and sea buckthorn-apple juices during malolactic fermentation / Tkacz K., Chmielewska J., Turkiewicz I.P., Nowicka P., Wojdyło A. // Food Chem.- 2020.- v. 332.- p. 127382.
 36. Zheng J. Effects of Genotype, Latitude, and Weather Conditions on the Composition of Sugars, Sugar Alcohols, Fruit Acids, and Ascorbic Acid in Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* ssp. *mongolica*) Berry Juice / Zheng J., Yang B., Trépanier M., Kallio H. // J. Agric. Food Chem.- 2012.- v. 60.- pp. 3180–3189
 37. Tiitinen K. Effect of malolactic fermentation on the volatile aroma compounds in four sea buckthorn varieties / Tiitinen K., Vahvaselkä M., Hakala M., Laakso S., Kallio H. // In Developments in Food Science Amsterdam, The Netherlands. – 2006.- Vol. 43.- pp. 101–104.
 38. Hashemi S.M.B. Fermentation of bergamot juice with *Lactobacillus plantarum* strains in pure and mixed fermentations: Chemical composition, antioxidant activity and sensorial properties / Hashemi S.M.B., Jafarpour D. // LWT. - 2020.- V. 131.- p. 109803.
 39. Filannino P. Exploitation of the health-promoting and sensory properties of organic pomegranate (*Punica granatum* L.) juice through lactic acid fermentation / Filannino P., Azzi L., Cavoski I., Vincentini O., Rizzello C.G., Gobbetti M., Di Cagno R. // Int. J. Food Microbiol. - 2013.- V. 163. – pp.184–192.
 40. Hur S.J. Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods / Hur S.J., Lee S.Y., Kim Y., Choi I., Kim G.-B. // Food Chem.- 2014.- V. 160.- pp. 346–356.
 41. Burda S. Antioxidant and Antiradical Activities of Flavonoids / Burda S., Oleszek W J.// Agric. Food Chem.- 2001.- V. 49.- pp. 2774–2779.
 42. Cai Y.-Z. Structure–radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants / Cai Y.-Z., Sun M., Xing J., Luo Q., Corke H. // Life Sci.- 2006.- V.78.- pp. 2872–2888.
 43. Li Z. Enhanced Antioxidant Activity for Apple Juice Fermented with *Lactobacillus plantarum* ATCC14917 / Li Z., Teng J., Lyu Y., Hu X., Zhao Y., Wang M. // Molecules. - 2018.- V.24.- p. 51.
 44. Filannino P. Lactic Acid Fermentation of Cactus *Cladodes* (*Opuntia ficus-indica* L.) Generates Flavonoid Derivatives with Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties / Filannino P., Cavoski I., Thlien N., Vincentini O., De Angelis M., Silano M., Gobbetti M., Di Cagno R. // PLoS ONE. - 2016.- V. 11.- e0152575

45. Sharma R. Plant-polyphenols based second-generation synbiotics: Emerging concepts, challenges, and opportunities / Sharma R., Padwad Y. // *Nutrition*. – 2020.- V. 77.- p. 110785.
46. FAO; WHO. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria // In FAO Food and Nutrition Paper. FAO/WHO: Cardoba, Argentina.- 2001.
47. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to live yoghurt cultures and improved lactose digestion (ID 1143, 2976) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006 // *EFSA J.* – 2010.- V. 8.- p. 1763.
48. Terpou A. Probiotics in Food Systems: Significance and Emerging Strategies Towards Improved Viability and Delivery of Enhanced Beneficial Value / Terpou A., Papadaki A., Lappa I.K., Kachrimanidou V., Bosnea L.A., Kopsahelis N. // *Nutrients*. – 2019.- V. 11.- p.1591.
49. Selvamuthukumar M. Evaluation of Shelf Stability of Antioxidant Rich Seabuckthorn Fruit Yoghurt / Selvamuthukumar M., Khanum F. // *Int. Food Res. J.* -2014.- V. 21.- pp. 759–765.
50. Gunenc A. Seabuckthorn as a novel prebiotic source improves probiotic viability in yogurt / Gunenc A., Khoury C., Legault C., Mirrashed H., Rijke J., Hosseinian F. // *LWT*. - 2016.- V. 66.- pp. 490–495.
51. Brodziak A. Effect of Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Mousse on Properties of Probiotic Yoghurt / Brodziak A., Król J., Matwijczuk A., Czernecki T., Glibowski P., Wlazło Ł., Litwińczuk A. // *Appl. Sci.* – 2021.- V. 11.- p. 545.
52. Pop O.L. Characterization of a Sea Buckthorn Extract and Its Effect on Free and Encapsulated *Lactobacillus casei* / Pop O.L., Dulf F.V., Cuibus L., Castro-Giráldez M., Fito P.J., Vodnar D.C., Coman C., Socaciu C., Suharoschi R. // *Int. J. Mol. Sci.* -2017.- V. 18/- p. 2513.
53. Terpou A. Novel frozen yogurt production fortified with sea buckthorn berries and probiotics / Terpou A., Papadaki A., Bosnea L., Kanellaki M., Kopsahelis N. // *LWT*. - 2019.- V. 105.- pp. 242–249.
54. Terpou A. Novel cheese production by incorporation of sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides* L.) supported probiotic cells / Terpou A., Gialleli A.-I., Bosnea L., Kanellaki M., Koutinas A.A., Castro G.R. // *LWT*. – 2017. – V. 79.- pp. 616–624.
55. Sheehan V.M. Assessing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices / Sheehan V.M., Ross P., Fitzgerald G.F.// *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* – 2007.- V. 8.- pp. 279–284.
56. Mousavi Z.E. Effect of Fermentation of Pomegranate Juice by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* on the Antioxidant Activity and Metabolism of Sugars, Organic Acids and Phenolic Compounds / Mousavi Z.E., Mousavi S.M., Razavi S.H., Hadinejad M., Emam-Djomeh Z., Mirzapour M.// *Food Biotechnol.*- 2013.- V. 27.- pp. 1–13.
57. Hashemi S.M.B. Fermented sweet lemon juice (*Citrus limetta*) using *Lactobacillus plantarum* LS5: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities / Hashemi S.M.B., Khaneghah A.M., Barba F.J., Nemat Z., Shokofti S.S., Alizadeh F. // *J. Funct. Foods*.- 2017.- V. 38.- p. 409–414.
58. Attri S. Colonic fermentation of polyphenolics from Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) berries: Assessment of effects on microbial diversity by Principal Component Analysis / Attri S., Sharma K., Raigond P., Goel G.// *Food Res. Int.* – 2018.- V. 105.- pp. 324–332.
59. Alves-Santos A.M. Prebiotic effect of dietary polyphenols: A systematic review / Alves-Santos A.M., Sugizaki C.S.A., Lima G.C., Naves M.M.V.// *J. Funct. Foods*.- 2020.- V. 74.- p.104169.
60. Lee H.C. Effect of tea phenolics and their aromatic fecal bacterial metabolites on intestinal microbiota / Lee H.C., Jenner A.M., Low C.S., Lee Y.K. // *Res. Microbiol.*- 2006.- V. 157.- pp. 876–884.
61. Aravind S.M. Role of dietary polyphenols on gut microbiota, their metabolites and health benefits / Aravind S.M., Wichienchot S., Tsao R., Ramakrishnan S., Chakkaravarthi S. // *Food Res. Int.* – 2021. V.142.- p.110189.
62. Swanson K.S. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics / Swanson K.S., Gibson G.R., Hutkins R., Reimer R.A., Reid G., Verbeke K., et al. // *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*- 2020.- V. 17.- pp. 687–701.
63. Maftai N.-M. New fermented functional product based on soy milk and sea buckthorn syrup / Maftai N.-M., Aprodu I., Dinică R., Bahrim G.// *CyTA J. Food* .- 2013.- V. 11.-pp. 256–269.
64. Sireswar S. Evaluation of Probiotic *L. rhamnosus* GG as a Protective Culture in Sea Buckthorn-Based Beverage /Sireswar S., Dey G., Dey K., Kundu A.// *Beverages*.- 2017- V. 3. - p. 48.
65. Sireswar S. Design of probiotic-fortified food matrices influence their antipathogenic potential / Sireswar S., Dey G., Sreesoundarya T., Sarkar D. // *Food Biosci.* -2017.- V. 20.- pp.28–35.
66. Charalampopoulos D. Evaluation of the effect of malt, wheat and barley extracts on the viability of potentially probiotic lactic acid bacteria under acidic conditions / Charalampopoulos D., Pandiella S.S., Webb C. // *Int. J. Food Microbiol.* - 2003.- V. 82. – pp. 133–141.