

УДК 606

Особенности подбора заквасочных культур в производстве функциональных кисломолочных продуктов

М. С. Каночкина, Л. А. Иванова, А. Д. Коновалова, О. Н. Левин*

**Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Россия;*
e-mail: oleg.l-e-v-i-n@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8567-412X>

Информация о статье

Поступила
в редакцию
26.05.2023;

получена
после доработки
27.09.2023;

принята к публикации
23.11.2023

Ключевые слова:

бактериальные
закваски,
бифидобактерии,
молочнокислые
бактерии,
функциональный
продукт,
кисломолочный
продукт, свойства

Реферат

Современные тенденции формирования здорового образа жизни обусловили активную разработку технологий изготовления функциональных кисломолочных продуктов. Выбор рациональной комбинации молочнокислых бактерий и бифидобактерий для создания заквасок должен обеспечивать продукты функциональными свойствами и осуществляться с учетом следующих критериев: продукт должен быть безопасным (каждый микроорганизм, входящий в его состав, необходимо проверить и оценить с точки зрения безопасности, в том числе подтвердить отсутствие генов резистентности к антибиотикам); продукт должен обладать пищевой ценностью; продукт должен соответствовать определенным количественным характеристикам (количество пробиотиков, уровень кислотности, энергетическая ценность). В ходе исследования особенностей подбора заквасочных культур (молочнокислых бактерий и бифидобактерий) в производстве функциональных кисломолочных продуктов проведен поиск (по ключевым словам) источников литературы, опубликованных в период с 2012 по апрель 2023 гг. и связанных с разработкой заквасок и функциональных продуктов. С применением трех поисковых систем отобрано 105 источников, которые проверены на соответствие обозначенным критериям включения. Среди отобранных источников только 69 могли быть применимы для написания обзора, в котором рассмотрено влияние функциональных кисломолочных продуктов на организм человека и проанализирован потенциал использования молочнокислых бактерий и бифидобактерий в качестве компонента заквасочной композиции.

Для цитирования

Каночкина М. С. и др. Особенности подбора заквасочных культур в производстве функциональных кисломолочных продуктов. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 4. С. 511–528. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-511-528>.

Features of the selection of starter cultures in the production of functional fermented milk products

Maria S. Kanochkina, Ludmila A. Ivanova, Anastasia D. Konovalova, Oleg N. Levin*

**Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Moscow, Russia;*
e-mail: oleg.l-e-v-i-n@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8567-412X>

Article info

Received
26.05.2023;

received
in revised
27.09.2023;

accepted
23.11.2023

Key words:

bacterial starter cultures,
bifidobacteria,
lactic acid bacteria,
functional product,
fermented milk
product,
properties

Abstract

Modern trends in the formation of a healthy lifestyle have led to the active development of technologies for the production of functional fermented milk products. The selection of a rational combination of lactic acid bacteria and bifidobacteria for creating starter cultures should provide products with functional properties and take into account the following criteria: the product must be safe (each microorganism included in its composition must be tested and assessed from a safety point of view, including confirmation of the absence of genes antibiotic resistance); the product must have nutritional value; the product must meet certain quantitative characteristics (amount of probiotics, acidity level, energy value). In the course of studying the features of the selection of starter cultures (lactic acid bacteria and bifidobacteria) in the production of functional fermented milk products, a search (using key words) for literature sources published between 2012 and April 2023 was carried out and related to the development of starter cultures and functional products. Using three search engines, 105 sources were selected and checked for compliance with the designated inclusion criteria. Among the selected sources, only 69 could be applicable for writing a review that has examined the effect of functional fermented milk products on the human body and has analyzed the potential of using lactic acid bacteria and bifidobacteria as a component of the starter composition.

For citation

Kanochkina, M. S. et al. 2023. Features of the selection of starter cultures in the production of functional fermented milk products. *Vestnik of MSTU*, 26(4), pp. 511–528. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-511-528>.

Введение

В настоящее время растущий потребительский спрос на продукты, способствующие укреплению здоровья и профилактике заболеваний, определяет необходимость разработки технологий и производства новых функциональных кисломолочных продуктов, которые изготавливаются с использованием заквасок.

Заквасочная культура – микробный препарат, инициирующий ферментацию и содержащий большое количество микроорганизмов (Moser *et al.*, 2018). В пищевой промышленности в качестве заквасок применяют различные микроорганизмы (бактерии, плесневые грибы, дрожжи) для производства хлеба (Hernández-Parada *et al.*, 2023), кисломолочных продуктов (Moser *et al.*, 2018), колбасных изделий (Ratanaburee *et al.*, 2013) и др. Основная функция закваски – спровоцировать последовательный процесс ферментации и сформировать органолептические свойства продукта (De Melo Pereira *et al.*, 2020).

Кисломолочные продукты получают посредством сквашивания молока под действием молочнокислых бактерий (МКБ) (Ayivi *et al.*, 2022; Moser *et al.*, 2018). Ценные фенотипические признаки молочнокислых бактерий определяют возможность их промышленного применения с целью получения кисломолочной продукции. Для придания продукту дополнительных свойств применяются бактерии рода *Bifidobacterium* (Утебаева и др., 2016).

Концепция функционального питания включает разработку и производство функциональных продуктов питания (ФПП). Польза кисломолочных функциональных продуктов заключается в благоприятном влиянии на состояние организма человека входящих в их состав микроорганизмов. (пробиотический эффект) или метаболитов, синтезированных во время ферментации (биоактивный эффект) (Joshi, 2015). Способность продуцировать метаболиты, характеризующиеся определенными свойствами, обусловлена, как правило, штаммом бактерий (Linares *et al.*, 2017). Создание многокомпонентных заквасочных культур позволяет обеспечивать функциональные кисломолочные продукты наилучшими свойствами (Артюхова и др., 2015), поскольку возможно включить в такие закваски штаммы с высокими технологическими и пробиотическими показателями (в том числе бактериоциногенные штаммы). Таким образом, бактерии-кандидаты в заквасочную композицию должны быть тщательно отобраны и изучены.

Цель настоящего обзора включает анализ научной литературы и патентных материалов для определения особенностей подбора заквасочных культур, применяемых в процессе производства функциональных кисломолочных продуктов.

Материалы и методы

Выбор научной литературы и патентных материалов осуществлялся по следующим критериям включения: 1) период публикации с 2012 г. по апрель 2023 г.; 2) научная работа должна быть в области изучаемой темы; 3) совпадение ключевых слов. Описание научного материала не включало анализ статей, относящихся к разработке заквасок для производства продуктов детского питания и продуктов на немолочной основе.

В процессе анализа литературы использовалась следующая методика:

– выполнен поиск 105 источников, соответствующих изучаемой теме, с помощью поисковых систем и баз данных (PubMed, Академия Google, Киберлиника) с использованием ключевых слов первого (бактериальные закваски, бифидобактерии, молочнокислые бактерии, функциональный продукт) и второго (кисломолочный продукт, свойства) уровней;

– при анализе литературы и оценке применимости материала для написания обзора было изъято 36 статей, которые соответствовали критериям исключения; таким образом, в обзоре использовано 69 источников;

– выбранная литература анализировалась по критериям включения, а информация была распределена на подтемы: функциональные кисломолочные продукты; потенциал молочнокислых бактерий и бифидобактерий в качестве компонента заквасочной композиции; подбор бактериальных штаммов для создания заквасочной композиции.

Результаты и обсуждение

Закваски содержат один или несколько видов микроорганизмов и используются для получения ферментированных продуктов питания с ценными свойствами. Выбор вида микроорганизма для получения закваски зависит от конечной цели, т. е. от конкретных заданных характеристик разрабатываемого продукта, а также диктуется свойствами субстрата и требованиями к производственному процессу и самому продукту (Goldstein *et al.*, 2015).

Функциональные кисломолочные продукты

Современные тенденции формирования здорового образа жизни обусловили активную разработку технологий изготовления функциональных кисломолочных продуктов (Jia *et al.*, 2016; Shiby *et al.*, 2013). Например, введение пробиотических культур в заквасочную культуру обеспечивает получение кисломолочного

ФПП, поскольку пробиотики – это живые микроорганизмы, оказывающие благотворное влияние на здоровье организма-хозяина (Hill et al., 2014).

Полезное физиологическое воздействие на организм человека функциональных кисломолочных продуктов показано на рис. 1.

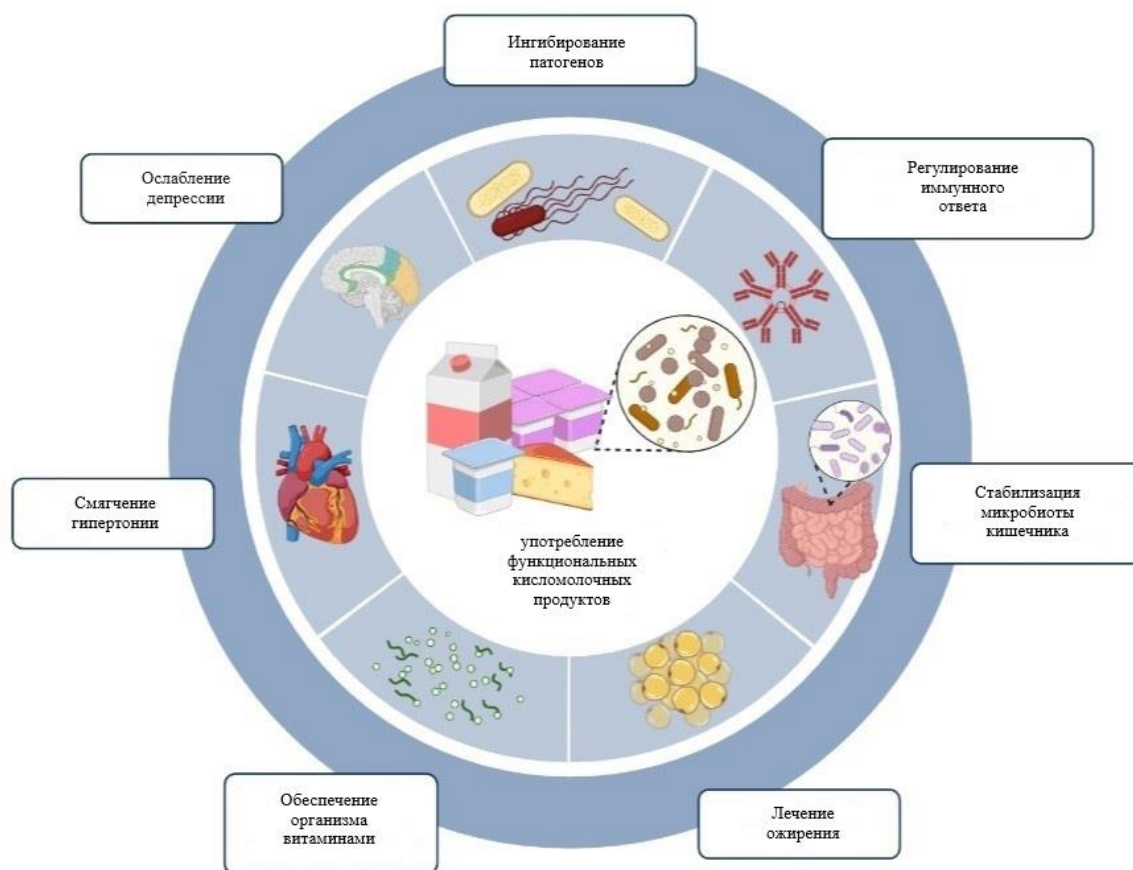


Рис. 1. Влияние функциональных кисломолочных продуктов на организм
Fig. 1. Beneficial effect of functional fermented milk products on the body

Штаммы *Lactobacillaceae* и *Bifidobacterium* часто используются как пробиотики (Markowiak et al., 2017; Утебаева и др., 2016). Микроорганизмы, относящиеся к пробиотикам, являются непатогенными, они способны выдерживать низкие диапазоны pH, высокие концентрации конъюгированных и деконъюгированных солей желчных кислот, не способны передавать гены резистентности к антибиотикам-патогенам (Belicová et al., 2013; Mokoena, 2017).

Пробиотические бактерии обладают антагонистической активностью по отношению к патогенам желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) (Markowiak et al., 2017), которая реализуется за счет способности предотвращать пролиферацию чужеродных микроорганизмов-патогенов к слизистой оболочке кишечника. Также благоприятными для здоровья человека являются следующие свойства пробиотиков: оказание стимулирующего действия; регулирование иммунного ответа; повышение биодоступности метаболитов и основных питательных веществ; снижение непереносимости лактозы; стабилизация кишечной микробиоты после применения антибиотиков; уменьшение популяции возбудителей за счет продукции молочной кислоты, бактериоцинов и других ингибирующих соединений (de Castilho et al., 2019; Vamanu et al., 2020).

Среди функциональных продуктов кисломолочные продукты считаются оптимальными носителями пробиотиков. Известны варианты включения пробиотиков в различные продукты. Сыры могут быть носителями пробиотических штаммов бифидобактерий, поскольку сырная матрица защищает чувствительные бактерии от низкого pH и желчных солей при прохождении через желудочно-кишечный тракт (Castro et al., 2015; de Almeida et al., 2018). При этом стоит оценивать жизнеспособность бактерий при длительном созревании сыра. Например, ученые использовали при производстве сыра "Гауда" штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* H4 и *Limosilactobacillus fermentum* H9, демонстрирующие пробиотические свойства и биологическую активность (Oh et al., 2016). Кефир является продуктом, обеспечивающим доставку в ЖКТ пробиотических культур *Bifidobacterium* sp., *Lactobacillus* sp. (Prado et al., 2015); была разработана стабильная закваска, состоящая из штаммов *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* C106 и *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG. В этой

композиции *L. rhamnosus* GG является пробиотическим микроорганизмом, который приносит пользу здоровью при пероральном приеме, но имеет плохие способности к росту в молоке, поскольку не метаболизирует лактозу и не расщепляет казеин. В таком случае термофильный стрептококк дополняет неспособность *L. rhamnosus* GG расти в молоке (Kort et al., 2015).

Потенциал молочнокислых бактерий и бифидобактерий в качестве компонента заквасочной композиции

При получении кисломолочных продуктов часто используют закваски, содержащие различные виды молочнокислых бактерий – многочисленной гетерогенной группы бактерий, играющих основополагающую роль в ферментации (Ayivi et al., 2022; Moser et al., 2018). Молочнокислые бактерии, осуществляющие ферментацию молока, вызывают ряд важных изменений, которые приводят к формированию уникальных свойств кисломолочных продуктов (рис. 2) (Casarotti et al., 2014).

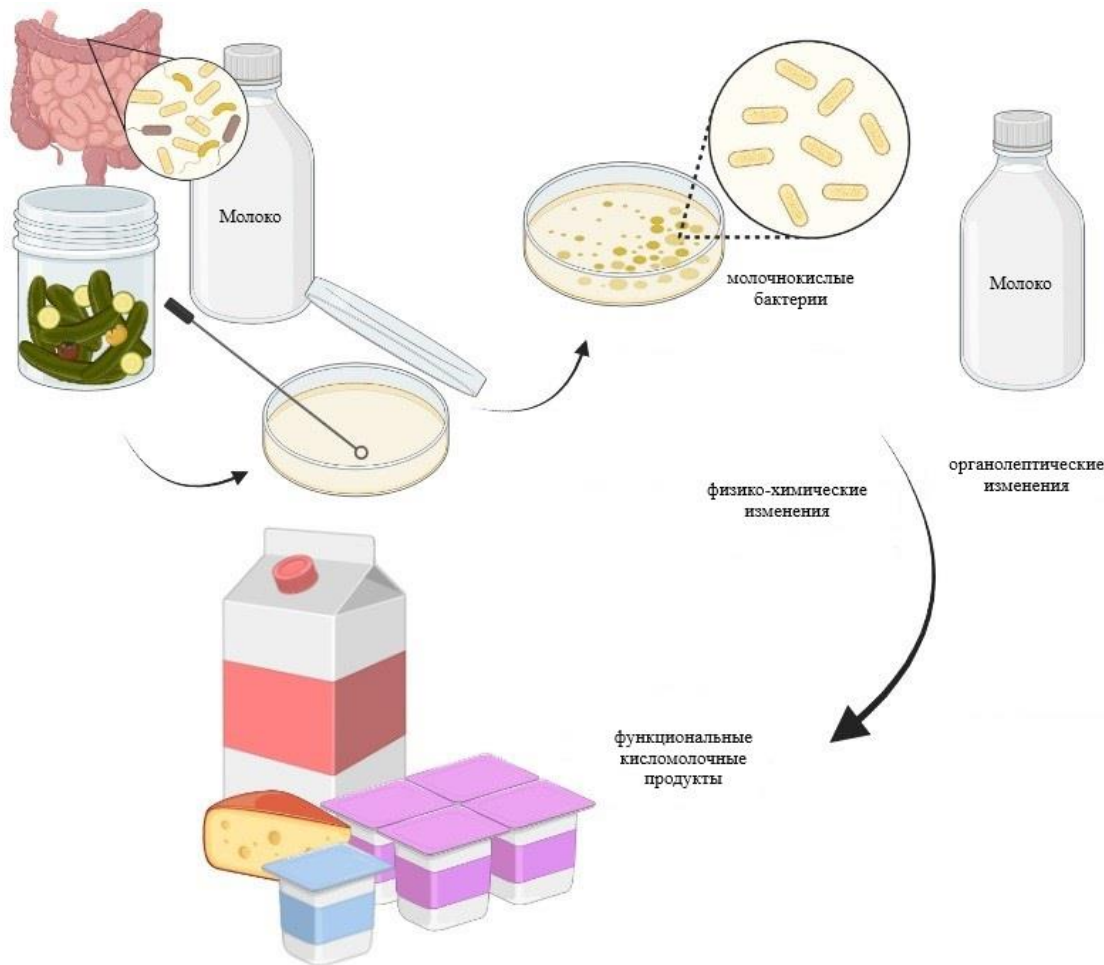


Рис. 2. Действие молочнокислых бактерий при ферментации молока
Fig. 2. Action of lactic acid bacteria during milk fermentation

Молочнокислые бактерии имеют способность перерабатывать углеводы в молочную кислоту, в результате чего происходит коагуляция субстрата за счет воздействия молочной кислоты на белок молока – казеин (Coelho et al., 2022; Oh et al., 2016). Также они продуцируют другие продукты: органические кислоты, ароматические соединения, витамины, бактериоцины, перекись водорода, экзополисахариды и ферменты (de Castilho et al., 2019; Linares et al., 2017; Makino et al., 2016). Антимикробная активность заквасочных бактерий обусловлена продукцией органических кислот (молочной, уксусной, муравьиной, пропионовой), а также других соединений (бактериоцинов, перекиси водорода, реутерина, диацетила, ацетона) (Arqués et al., 2015; Bintsis, 2018). Бактериоцины – это пептиды, которые специфически ингибируют рост некоторых родственных/неродственных бактерий (Arqués et al., 2015). В связи с этим активно обсуждается применение данных пептидов в пищевой промышленности как биоконсервантов (Todorov et al., 2022). Совокупность синтезируемых метаболитов обеспечивает приятный органолептический профиль продукта, продлевает срок годности и предупреждает развитие посторонней микрофлоры (Linares et al., 2017). За формирование

вкуса отвечают такие процессы, как гликолиз, липолиз и протеолиз (Coelho et al., 2022; Linares et al., 2017). Кроме этого, протеолиз вносит свой вклад в развитие органолептических свойств с помощью расщепления белков на пептиды и свободные аминокислоты, которые в дальнейшем превращаются в спирты, альдегиды, кислоты, сложные эфиры (Bintsis, 2018; Coelho et al., 2022). В создании текстуры кисломолочного продукта важная роль отведена экзополисахаридам (ЭПС), представляющим собой гомополимеры или гетерополимеры (Ansorena et al., 2016; Nagaoka, 2019). Они функционируют как загустители, текстуризаторы и эмульгаторы (Nagaoka, 2019) и могут снижать степень синерезиса (более низкое отделение сыворотки) (Surber et al., 2021). К продуцированию ЭПС способны некоторые молочнокислые бактерии: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactococcus lactis*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei* (Ansorena et al., 2016). Экзопполисахариды некоторых штаммов *Lactobacillus rhamnosus* облегчали течение колита (Wan et al., 2022). ЭПС штаммов *Lactiplantibacillus plantarum* обладает противовирусной активностью (Noda et al., 2021). МКБ могут продуцировать γ -аминомасляную кислоту (ГАМК), оказывающую благоприятное воздействие на здоровье (Wang et al., 2018; Zhuang et al., 2018).

Практическая значимость каждого рода молочнокислых бактерий различна. В качестве заквасочных культур часто используют микроорганизмы родов *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactiplantibacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus* (Bintsis, 2018; Goldstein et al., 2015; Kort, 2015; Papademas, 2014). Бактерии рода *Bifidobacterium* возможно включить в состав некоторых молочных продуктов, так как они обладают свойствами, благоприятными для организма человека (Li et al., 2014; Liu et al., 2017; Pompei et al., 2007; Tian et al., 2022a; Yao et al., 2021).

Описание наиболее часто используемых бактерий для получения заквасок

Бактерии рода *Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus* и *Lactiplantibacillus* широко применяются в промышленности, например, для получения пробиотических заквасочных культур (Goldstein et al., 2015). *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* используют в производстве йогуртов (Xu et al., 2015). Этот вид образует ацетальдегид, который придает аромат и вкус продуктам (Xu et al., 2015) и сбраживает лактозу (Kok et al., 2018). *Lactiplantibacillus plantarum* – один из наиболее распространенных видов бактерий; он широко применяется в качестве закваски, поскольку обеспечивает приятный вкус, аромат, формирует консистенцию кисломолочного продукта (Cui et al., 2021). Некоторые штаммы *Lactiplantibacillus plantarum* способны продуцировать сильнодействующие бактериоцины, которые возможно применять в качестве пищевых консервантов (Seddik et al., 2017). Штаммы *Lacticaseibacillus paracasei* участвуют в формировании аромата, а также улучшают текстуру йогурта (Gu et al., 2020; Pimentel et al., 2012). Известно, что некоторые штаммы могут усиливать образование диацетила при совместном культивировании с другими заквасочными культурами (Aunshjerg et al., 2015). *Lacticaseibacillus rhamnosus* применяют как пробиотическую культуру (Capurso et al., 2019; Kort et al., 2015), поскольку этот вид способен выживать в условиях ЖКТ, образовывать биопленку, защищать слизистую оболочку кишечника (Capurso et al., 2019). *Lactobacillus johnsonii* применяют в составе заквасок с пробиотическими свойствами. Некоторые штаммы незначительно повышают титр антител у человека и обладают антимикробными свойствами (Bintsis, 2018). *Lactobacillus helveticus*, включенный в закваску, способствует лучшему формированию органолептического профиля продукта (Sıçramaz et al., 2022). *Lactobacillus reuteri* синтезирует антибиотические соединения (реутерицин и реутерин), которые подавляют развитие патогенных микроорганизмов (Bintsis, 2018).

Бактерии рода *Lactococcus* – мезофильные молочнокислые микроорганизмы, выделенные изначально из зеленых растений; они часто используются в заквасках, поскольку лактококки генетически стабильны, обладают устойчивостью к бактериофагам и способны синтезировать молекулы, влияющие на органолептические свойства продукта (Bintsis, 2018). *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* сбраживает молоко, подавляет рост посторонней микрофлоры за счет продукции бактериоцина низина (Malaczewska et al., 2021) и оказывает влияние на аромат продукта (Frece et al., 2014). *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *cremoris* имеет уникальные метаболические пути, формирующие аромат кисломолочного продукта (Bintsis, 2018). *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *diacetylactis* в процессе жизнедеятельности синтезирует ацетоин, который придает сливочный вкус желаемому продукту (Xu et al., 2015), а также синтезирует диацетил, ароматические соединения и выделяет углекислый газ (Fusieger et al., 2020).

Среди представителей рода *Streptococcus* есть множество патогенных микроорганизмов. *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* не патогенен, часто используется в качестве заквасочной культуры, придает ценные органолептические свойства кисломолочным продуктам (Bintsis, 2018; Kort et al., 2015; Xu et al., 2015; Zha et al., 2015; Dan et al., 2023).

Leuconostoc mesenteroides применяют при производстве сыра и сливочного масла благодаря способности синтезировать диацетил и ацетоин, влияющие на органолептические показатели (Papademas, 2014).

Молочнокислые бактерии в процессе ферментации молока синтезируют разнообразные соединения, формирующие определенные ароматы, вкусы, консистенции и текстуры конечных продуктов. Спектр синтезируемых МКБ соединений представлен в табл. 1.

Таблица 1. Влияние различных видов МКБ
на органолептические характеристики получаемого продукта
Table 1. The effect of various types of LAB
on the organoleptic characteristics of the resulting product

Микроорганизм	Органолептическая характеристика	Достигается за счет	Источники
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Ansorena et al., 2016;</i> <i>Nagaoka, 2019;</i> <i>Surber et al., 2021</i>
		синтеза молочной кислоты	
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Ansorena et al., 2016;</i> <i>Nagaoka, 2019;</i> <i>Surber et al., 2021</i>
	Аромат, вкус	синтеза ацетальдегида	
<i>Lactiplanti-bacillus plantarum</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Ansorena et al., 2016;</i> <i>Nagaoka, 2019;</i> <i>Surber et al., 2021</i>
	Аромат, вкус	синтеза 3-метилбутанала, гексанала, (Е)-2-октеналя, нонанала, 2-гептанона, 2-нонанона, 2,3-пентандиона, ацетальдегида, ацетата	
<i>Lacticaseibacillus casei</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Ansorena et al., 2016;</i> <i>Nagaoka, 2019;</i> <i>Surber et al., 2021</i>
<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Pimentel et al., 2012</i>
	Аромат, вкус	синтеза ацетона, бутановой кислоты, диацетила	<i>Aunbjerg et al., 2015;</i> <i>Gu et al., 2020</i>
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Ansorena et al., 2016;</i> <i>Nagaoka, 2019;</i> <i>Surber et al., 2021</i>
	Аромат	подкисления молока (молочная кислота) и образования некоторых летучих и нелетучих ароматических соединений	
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Gotoh et al., 2021</i>
	Аромат	синтеза молочной кислоты, ароматических соединений	<i>Bintsis, 2018</i>
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>diacetylactis</i>	Аромат, вкус (сливочный и маслянистый)	синтеза ацетоина, диацетила, ароматических соединений (C4), углекислого газа	<i>Xu et al., 2015;</i> <i>Fusieger et al., 2020</i>
<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	Консистенция (снижение синерезиса)	синтеза ЭПС	<i>Bintsis, 2018;</i> <i>Kort et al., 2015;</i> <i>Xu et al., 2015</i>
	Аромат, вкус	синтеза ацетальдегида, уксусной кислоты, этилового эфира муравьиной кислоты	
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Аромат, вкус	синтеза диацетила, ацетоина	<i>Papademas, 2014</i>
	Консистенция	синтеза декстрана	<i>Ansorena et al., 2016</i>

Бифидобактерии (*Bifidobacterium*) представляют собой группу анаэробных микроорганизмов (Утебаева и др., 2016), которые сквашивают молоко медленнее вышеописанных групп молочнокислых бактерий. Бифидобактерии являются компонентами пробиотических препаратов вследствие наличия пробиотических свойств, а также могут входить в состав функциональных продуктов (Hidalgo-Cantabrana et al., 2017). Бифидобактерии улучшают здоровье желудочно-кишечного тракта, облегчают аллергические реакции

и модулируют целостность кишечника, а также поддерживают иммунный гомеостаз хозяина (Li et al., 2014; Умебаева и др., 2016). Среди выделенных бактерий только три вида способны развиваться в молоке: *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum* и *Bifidobacterium animalis* (Умебаева и др., 2016). *Bifidobacterium bifidum* – распространенный пробиотический штамм для новорожденных детей, проявляющий антиоксидантные и антибактериальные свойства (Li et al., 2014). *Bifidobacterium longum* поддерживает работоспособность печени, оказывает противовоспалительное действие (Yao et al., 2021). *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis* продуцирует ЭПС (Dai et al., 2023), бактериоцины (Liu et al., 2017). Однако есть и другие виды бифидобактерий, используемых при разработке инновационных функциональных продуктов питания с пробиотическими свойствами: *Bifidobacterium breve* имеет потенциал для лечения депрессии, расстройств ЖКТ, ожирения (Tian et al., 2022б; Okubo et al., 2021), *Bifidobacterium teenis* обеспечивает организм витамином В9 (Pompei et al., 2007).

Некоторые штаммы рода *Pediococcus* чаще всего применяют в качестве защитной культуры за счет способности к продуцированию бактериоцинов (Zhang et al., 2019). *Pediococcus acidilactici* стимулирует рост *Lactobacillus* и обладает антиоксидантными свойствами (Bai et al., 2021).

Таким образом, в зависимости от вида и даже штамма МКБ и бифидобактерий, а также их синергетического взаимодействия наблюдается их различное профилактическое и лечебное влияние на организм человека (табл. 2).

Таблица 2. Влияние различных видов МКБ и бифидобактерий на организм человека
 Table 2. The influence of various types of LAB and bifidobacteria on the human body

Микроорганизм	Влияние на организм человека	Достигается за счет	Источники
<i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i>	Облегчение течения колита	синтеза ЭПС	Wan et al., 2022
<i>Lactiplanti-bacillus plantarum</i>	Противовирусная активность	синтеза ЭПС	Noda et al., 2021
	Борьба с патогенами ЖКТ	синтеза бактериоцинов	Seddik et al., 2017
	Облегчение гипертонии и тревожных расстройств	синтеза ГАМК	Zhuang et al., 2018
<i>Lactobacillus brevis</i>	Смягчение гипертонии, диабетических сосудистых и неврологических расстройств	синтеза ГАМК	Wang et al., 2018
<i>Lactobacillus reuteri</i>	Подавление развития патогенных микроорганизмов	синтеза бактериоцинов	Bintsis, 2018
	Обеспечение организма витаминами	синтеза кобаламина	Mohammed et al., 2014
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>	Ингибирование патогенов	синтеза низина	Malaczewska et al., 2021
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Антибактериальная способность в отношении патогенов; активность по удалению гидроксильных и супероксидных радикалов; ингибирующее действие на перекисное окисление липидов и гемолиз эритроцитов	синтеза ЭПС	Li et al., 2014
<i>Bifidobacterium longum</i>	Противовоспалительное действие	синтеза индол-3-молочной кислоты	Yao et al., 2021
	Защитный эффект	синтеза короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК); адаптации к среде ЖКТ	Tian et al., 2022б
<i>Bifidobacterium longum</i> subsp. <i>infantis</i>	Снижение риска развития астмы, связанной с приемом антибиотиков	синтеза ЭПС	Dai et al., 2023
	Антимикробная активность в отношении <i>Listeria monocytogenes</i>	синтеза бактериоцинов	Liu et al., 2017
<i>Bifidobacterium teenis</i>	Обеспечение организма витаминами	синтеза фолиевой кислоты	Pompei et al., 2007

<i>Bifidobacterium breve</i>	Ослабление депрессии и связанных с ней желудочно-кишечных расстройств	изменения микробиома кишечника; метаболизма триптофана	<i>Tian et al., 2022a;</i> <i>Okubo et al., 2021</i>
	Лечение ожирения	повышения чувствительности к инсулину	<i>Solito et al., 2021</i>
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	Широкий спектр противомикробной активности против грамположительных, грамотрицательных бактерий	синтеза бактериоцинов	<i>Zhang et al., 2019</i>
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Стимулирование роста <i>Lactobacillus</i> ; высокая активность 1,1-дифенил-2-пикрилгидразила по удалению свободных радикалов	синтеза ЭПС	<i>Bai et al., 2021</i>

При подборе заквасочных культур для производства функциональных кисломолочных продуктов используются действующие нормативные документы: ГОСТ 32923-2014 "Продукты кисломолочные, обогащенные пробиотическими микроорганизмами. Технические условия"¹, ГОСТ Р 54059-2010 "Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования"², ГОСТ Р 54060-2010 "Продукты пищевые функциональные. Идентификация. Общие положения"³, ГОСТ 33491-2015 "Продукты кисломолочные, обогащенные бифидобактериями бифидум. Технические условия"⁴, ГОСТ 34372-2017 "Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия"⁵, Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации"⁶.

В соответствии с ГОСТ Р 54060-2010 существенными признаками функциональных пищевых продуктов являются их качественные и количественные органолептические и физико-химические параметры; ГОСТ содержит нормы и характеристики, показатели эффективности, описание пищевой ценности, специфические критерии наименований.

Жизнедеятельность молочнокислых бактерий и бифидобактерий сопряжена с синтезом биологически активных веществ, таких как ферменты, лактаты, витамины, аминокислоты, нейрхимические вещества; производство вторичных желчных кислот может быть опосредовано гидролазой солей желчных кислот некоторых лактобактерий. Следует отметить способность молочнокислых бактерий и бифидобактерий к ферментации резистентного крахмала и некрахмальных полисахаридов, поскольку данные вещества обуславливают синтез незаменимых короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК): ацетата, пропионата и бутирата. КЦЖК задействованы в процессах регуляции клеточного иммунитета, обмена энергии, метаболизма липидов и углеводов в печени, белой и бурой жировой ткани, легких, костном мозге, поджелудочной железе, а также закисляют содержимое кишечника, препятствуют развитию воспалений и онкологических заболеваний. При совместном участии КЦЖК и различных нейроактивных молекул происходит регуляция процессов центральной нервной системы (МР 2.3.1.0253-21).

Функциональный кисломолочный продукт должен соответствовать качественным характеристикам (рис. 3) согласно указанным выше нормативным документам.

Цвет кисломолочного продукта должен быть молочно-белым, за исключением ряженки и варенца, для которых присущ светло-кремовый цвет; недопустимо наличие постороннего привкуса и запаха.

¹ ГОСТ 32923-2014. Продукты кисломолочные, обогащенные пробиотическими микроорганизмами. Технические условия. Введен 01.01.2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115748>.

² ГОСТ Р 54059-2010. Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования. Введен 01.01.2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200085998>.

³ ГОСТ Р 54060-2010. Продукты пищевые функциональные. Идентификация. Общие положения. Введен 01.01.2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200085350>.

⁴ ГОСТ 33491-2015. Продукты кисломолочные, обогащенные бифидобактериями бифидум. Технические условия. Введен 01.07.2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127470>.

⁵ ГОСТ 34372-2017. Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия. Введен 01.09.2018. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157895>.

⁶ МР 2.3.1.0253-21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. Введены 22.07.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/608629034>.

Консистенция и внешний вид должны быть однородными с нарушенным/ненарушенным сгустком. Для некоторых продуктов характерны особенности: допустимо газообразование для кефира; продукт, содержащий ацидофильную палочку, может иметь тягучую консистенцию; сметана должна иметь глянцевую поверхность (ГОСТ 32923-2014; ГОСТ 33491-2015).



Рис. 3. Качественные характеристики функционального пищевого продукта
Fig. 3. Qualitative characteristics of a functional food product

Отобранные микроорганизмы для будущей разработки закваски оцениваются с точки зрения их безопасности, т. е. применяющиеся штаммы МКБ и бифидобактерий должны входить в список культур, разрешенных на территории Российской Федерации, с проведением исследований на соответствие требованиям качества и безопасности (МР 2.3.1.0253-21).

Отбор молочнокислых бактерий, имеющих потенциал для пищевой промышленности, осуществляется по таким критериям, как способность синтезировать определенные соединения в достаточном количестве (молочная кислота, КЦЖК, ароматические вещества, витамины, бактериоцины, нейроактивные молекулы, экзополисахариды, ферменты) (Linares et al., 2017); наличие технологических характеристик (высокая жизнеспособность; антимикробная активность; органолептические показатели; протеолитическая активность; липолитическая активность; жизнеспособность и стабильность желаемых свойств бактерий после процесса лиофилизации, приготовления и реализации продуктов и др. (Akabanda et al., 2014; De Melo Pereira et al., 2020).

Отобранные штаммы, которые могут быстро снижать pH среды за счет синтеза молочной кислоты, способствуют коагуляции белков молока и снижению рисков интенсивного развития посторонней микрофлоры в продуктах (Akabanda et al., 2014). Штаммы с высокой подкисляющей активностью и другими технологически ценными свойствами являются основной культурой закваски, а дополнительные культуры придают конечному продукту определенные свойства (формирование уникальной органолептики, антимикробная активность и др.) (Akabanda et al., 2014; Ayivi et al., 2022; De Melo Pereira et al., 2020). Штаммы, способные к синтезу

бактериоцинов, могут быть рассмотрены в качестве заквасочной или дополнительной культуры при производстве кисломолочных продуктов (Arqués *et al.*, 2015). Бактериоциногенная культура, применяемая в качестве дополнительной закваски, должна быть безопасной, и при ее использовании не должны изменяться органолептические характеристики конечного продукта в худшую сторону (Todorov *et al.*, 2022). Производство бактериоцина *in situ* обеспечит дополнительную защиту продукта, поэтому важно идентифицировать бактериоциногенные штаммы (de Castilho *et al.*, 2019) и исследовать их потенциал в качестве основной или дополнительной культуры в многокомпонентной закваске (Dal Bello *et al.*, 2012; Mills *et al.*, 2017).

Функциональный продукт должен соответствовать определенным количественным характеристикам, таким как количество пробиотиков, уровень кислотности и энергетическая ценность продукта. Необходимо обеспечить наличие пробиотической культуры в пищевой матрице не менее 10^6 КОЕ/см³. Уровень кислотности зависит от типа кисломолочного продукта (ГОСТ 32923-2014; ГОСТ 33491-2015), поскольку различные виды микроорганизмов способны обеспечивать разные диапазоны предельной кислотности (ГОСТ 34372-2017). Энергетическая ценность продукта, обогащенного пробиотиками, зависит от массовой доли жира и находится в диапазоне 30–105 ккал. При этом энергетическая ценность сметаны, обогащенной пробиотическими микроорганизмами, составляет 120–290 ккал (ГОСТ 32923-2014).

При соотнесении информации о пробиотических свойствах культур микроорганизмов и существенных признаков функциональных пищевых продуктов разработан алгоритм оценки эффективности функционального пищевого продукта, содержащего в качестве физиологически функционального пищевого ингредиента пробиотические штаммы МКБ и бифидобактерий (табл. 3).

Таблица 3. Существенные признаки функциональных пищевых продуктов и характеристика видов микроорганизмов, входящих в состав функциональных пищевых продуктов
Table 3. Essential features of functional foods and characteristics of the types of microorganisms included in functional foods

Виды МКБ и бифидобактерий	Органолептика					Биологическая ценность					Предельная кислотность, °Т	КОЕ/см ³ , до				
	Вкус	Внешний вид	Аромат	Консистенция	Цвет	Бактериоцины	Ферменты	Витамины	ЭПС	КЦЖК		Нейроактивные молекулы	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹ –10 ¹⁰
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i>		✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓		95–140		✓	✓	
<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓	100–220		✓		
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓			160–350				✓
<i>Lactobacillus acidophilus</i>		✓		✓			✓		✓			180–300	✓			
<i>Bifidobacterium longum</i> subsp. <i>infantis</i>						✓	✓		✓			40–130	✓			
<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>	✓	✓	✓	✓			✓					100–140				✓

Разработанный алгоритм следует применять при оценке предполагаемых существенных признаков разрабатываемой инновационной продукции, содержащей в качестве функционального пищевого ингредиента специально выделенные штаммы, благоприятно воздействующие на организм человека через нормализацию

микробиома, с целью подбора культур и составления их консорциумов для получения продуктов функционального назначения с заданными свойствами.

Заключение

Употребление кисломолочных функциональных продуктов обеспечивает поступление в ЖКТ полезных бактерий и их метаболитов, поэтому разработка новых заквасок является важнейшей задачей пищевой промышленности.

Бактерии, имеющие пробиотические свойства, могут находиться в кисломолочных продуктах в виде закваски или функциональной добавки. В качестве пробиотика могут выступать бактерии *Lactocaseibacillus rhamnosus*, образующие биопленки и защищающие слизистую кишечника. *Lactobacillus johnsonii* вызывают незначительное увеличение антител и обладают антимикробными свойствами, что способствует повышению иммунитета. *Lactobacillus reuteri* являются продуцентами реутерина и реутерина, подавляющими развитие патогенных микроорганизмов. Среди пробиотических микроорганизмов широко распространены *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum* и *Bifidobacterium animalis*, оказывающие антиоксидантное и противовоспалительное действие, поддерживающие работоспособность печени.

Как показывают многочисленные исследования, различное сочетание бактерий существенно влияет на питательные, реологические, органолептические, пробиотические показатели, поэтому при разработке функционального продукта для получения закваски необходимо осуществлять тщательный подбор штаммов с пробиотическими свойствами и бактериоциногенных культур.

Благодарности

Авторы выражают благодарность научно-исследовательской организации "Микробные нутриенты иммунокорректоры" за помощь в проведении исследований, организационную и методическую поддержку.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Артюхова С. И., Ключева К. В. Перспективы разработки отечественных биологически активных добавок к пище на основе консорциумов молочнокислых бактерий и бифидобактерий // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. 2015. № 3. С. 208–212. EDN: UZEPEV.
- Утебаева А. А., Бурмасова М. А., Сысоева М. А. Перспективы использования бифидобактерий в продуктах функционального питания и лекарственных средствах // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2016. Т. 6, № 4(19). С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2016-6-4-100-109>. EDN: XHYJGF.
- Akabanda F., Owusu-Kwarteng J., Tano-Debrah K., Parkouda C. [et al.]. The use of lactic acid bacteria starter culture in the production of *Nunu*, a spontaneously fermented milk product in Ghana // International Journal of Food Science. 2014. Vol. 2014. Article number: 721067. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/721067>.
- Ansorena D., Astiasarán I. Fermented foods: Composition and health effects // Encyclopedia of Food and Health. 2016. P. 649–655. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00285-3>.
- Arqués J. L., Rodríguez E., Langa S., Landete J. M. [et al.]. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in dairy products and gut: Effect on pathogens // BioMed Research International. 2015. Vol. 2015. Article number: 584183. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/584183>.
- Aunbjerg S. D., Honoré A. H., Marcussen J., Ebrahimi P. [et al.]. Contribution of volatiles to the antifungal effect of *Lactobacillus paracasei* in defined medium and yogurt // International Journal of Food Microbiology. 2015. Vol. 194. P. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.007>.
- Ayivi R. D., Ibrahim S. A. Lactic acid bacteria: An essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt // International Journal of Food Science & Technology. 2022. Vol. 57, Iss. 11. P. 7008–7025. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16076>.
- Bai Y., Luo B., Zhang Y., Li X. [et al.]. Exopolysaccharides produced by *Pediococcus acidilactici* MT41-11 isolated from camel milk: Structural characteristics and bioactive properties // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 185. P. 1036–1049. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.152>.
- Belicová A., Mikulášová M., Dušinský R. Probiotic potential and safety properties of *Lactobacillus plantarum* from Slovak Bryndza cheese // BioMed Research International. 2013. Vol. 2013. Article number: 760298. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/760298>.
- Bintsis T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics // AIMS Microbiology. 2018. Vol. 4, Iss. 4. P. 665–684. DOI: <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>.
- Capurso L. Thirty years of *Lactobacillus rhamnosus* GG. A review // Journal of Clinical Gastroenterology. 2019. Vol. 53. P. S1–S41. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001170>.

- Casarotti S. N., Monteiro D. A., Moretti M. M. S., Penna A. L. B. Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk // *Food Research International*. 2014. Vol. 59. P. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.068>.
- Castro J. M., Tornadijo M. E., Fresno J. M., Sandoval H. Biocheese: A food probiotic carrier // *BioMed Research International*. 2015. Vol. 2015. Article number: 723056. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/723056>.
- Coelho M. C., Malcata F. X., Silva C. C. G. Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions // *Foods*. 2022. Vol. 11, Iss. 15. Article number: 2276. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11152276>.
- Cui Y., Wang M., Zheng Y., Miao K. [et al.]. The carbohydrate metabolism of *Lactiplantibacillus plantarum* // *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22, Iss. 24. Article number: 13452. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms222413452>.
- Dai D. L. Y., Petersen C., Hoskinson C., Del Bel K. L. [et al.]. Breastfeeding enrichment of *B. Longum* subsp. *Infantis* mitigates the effect of antibiotics on the microbiota and childhood asthma risk // *Med*. 2023. Vol. 4, Iss. 2. P. 92–112.e5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medj.2022.12.002>.
- Dal Bello B., Cocolin L., Zeppa G., Field D. [et al.]. Technological characterization of bacteriocin producing *Lactococcus lactis* strains employed to control *Listeria monocytogenes* in cottage cheese // *International Journal of Food Microbiology*. 2012. Vol. 153(1–2). P. 58–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.016>.
- Dan T., Chen H., Li T., Tian J. [et al.]. Influence of *Lactobacillus plantarum* P-8 on fermented milk flavor and storage stability // *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03133>.
- Dan T., Hu H., Tian J., He B. [et al.]. Influence of different ratios of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on fermentation characteristics of yogurt // *Molecules*. 2023. Vol. 28, Iss. 5. Article number: 2123. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28052123>.
- de Almeida J. d. S. O., Dias C. O., Pinto S. S., Pereira L. C. [et al.]. Probiotic mascarpone-type cheese: Characterisation and cell viability during storage and simulated gastrointestinal conditions // *International Journal of Dairy Technology*. 2018. Vol. 71, Iss. S1. P. 195–203. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12457>.
- de Castilho N. P. A., Nero L. A., Todorov S. D. Molecular screening of beneficial and safety determinants from bacteriocinogenic lactic acid bacteria isolated from Brazilian artisanal calabresa // *Letters in Applied Microbiology*. 2019. Vol. 69, Iss. 3. P. 204–211. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.13194>.
- de Melo Pereira G. V., de Carvalho Neto D. P., Junqueira A. C. D. O., Karp S. G. [et al.]. A review of selection criteria for starter culture development in the food fermentation industry // *Food Reviews International*. 2020. Vol. 36, Iss. 2. P. 135–167. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1630636>.
- Frece J., Cvrtila J., Topić I., Delaš F. [et al.]. *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* as potential functional starter culture // *Food Technology and Biotechnology*. 2014. Vol. 52, Iss. 4. P. 489–494. DOI: <https://doi.org/10.17113/ftb.52.04.14.3794>.
- Fusieger A., Martins M. C. F., de Freitas R., Nero L. A. [et al.]. Technological properties of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* bv. *diacetylactis* obtained from dairy and non-dairy niches // *Brazilian Journal of Microbiology*. 2020. Vol. 51. P. 313–321. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00182-3>.
- Goldstein E. J., Tyrrell K. L., Citron D. M. *Lactobacillus* species: Taxonomic complexity and controversial susceptibilities // *Clinical Infectious Diseases*. 2015. Vol. 60, Iss. Suppl 2. P. S98–S107. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/civ072>.
- Gotoh Y., Kita K., Tanaka K., Ishikawa S. [et al.]. Genome sequences of two strains of *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* with the same ancestry but a different capacity to produce exopolysaccharides // *The Journal of General and Applied Microbiology*. 2021. Vol. 67, Iss. 5. P. 220–223. DOI: <https://doi.org/10.2323/jgam.2021.03.001>.
- Gu Y., Li X., Xiao R., Dudu O. E. [et al.]. Impact of *Lactobacillus paracasei* IMC502 in coculture with traditional starters on volatile and non-volatile metabolite profiles in yogurt // *Process Biochemistry*. 2020. Vol. 99. P. 61–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.07.003>.
- Hernández-Parada N., González-Ríos O., Suárez-Quiroz M. L., Hernández-Estrada Z. J. [et al.]. Exploiting the native microorganisms from different food matrices to formulate starter cultures for sourdough bread production // *Microorganisms*. 2023. Vol. 11, Iss. 1. Article number: 109. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010109>.
- Hidalgo-Cantabrana C., Delgado S., Ruiz L., Ruas-Madiedo P. [et al.]. Bifidobacteria and their health-promoting effects // *Microbiology Spectrum*. 2017. Vol. 5, Iss. 3. DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.BAD-0010-2016>.
- Hill C., Guarner F., Reid G., Gibson G. R. [et al.]. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2014. Vol. 11, Iss. 8. P. 506–514. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>.

- Jia R., Chen H., Chen H., Ding W. Effects of fermentation with *Lactobacillus rhamnosus* GG on product quality and fatty acids of goat milk yogurt // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, Iss. 1. P. 221–227. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10114>.
- Joshi V. K. Indigenous fermented foods of South Asia. CRC Press, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1201/b19214>.
- Kok C. R., Hutkins R. Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria // *Nutrition Reviews*. 2018. Vol. 76, Iss. Suppl. 1. P. 4–15. DOI: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy056>.
- Kort R., Westerik N., Mariela Serrano L., Douillard F. P. [et al.]. A novel consortium of *Lactobacillus rhamnosus* and *Streptococcus thermophilus* for increased access to functional fermented foods // *Microbial Cell Factories*. 2015. Vol. 14. Article number: 195. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12934-015-0370-x>.
- Li S., Huang R., Shah N. P., Tao X. [et al.]. Antioxidant and antibacterial activities of exopolysaccharides from *Bifidobacterium bifidum* WBIN03 and *Lactobacillus plantarum* R315 // *Journal of Dairy Science*. 2014. Vol. 97, Iss. 12. P. 7334–7343. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7912>.
- Linares D. M., Gómez C., Renes E., Fresno J. M. [et al.]. Lactic acid bacteria and bifidobacteria with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods // *Frontiers in Microbiology*. 2017. Vol. 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00846>.
- Liu G., Ren G., Zhao L., Cheng L. [et al.]. Antibacterial activity and mechanism of bifidocin A against *Listeria monocytogenes* // *Food Control*. 2017. Vol. 7, Part B. P. 854–861. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.036>.
- Makino S., Sato A., Goto A., Nakamura M. [et al.]. Enhanced natural killer cell activation by exopolysaccharides derived from yogurt fermented with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* OLL1073R-1 // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, Iss. 2. P. 915–923. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10376>.
- Małaczewska J., Kaczorek-Lukowska E. Nisin-A lantibiotic with immunomodulatory properties: A review // *Peptides*. 2021. Vol. 137. Article number: 170479. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2020.170479>.
- Markowiak P., Ślizewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health // *Nutrients*. 2017. Vol. 9, Iss. 9. Article number: 1021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu9091021>.
- Mills S., Griffin C., O'Connor P. M., Serrano L. M. [et al.]. A multibacteriocin cheese starter system, comprising Nisin and Lacticin 3147 in *Lactococcus lactis*, in combination with Plantaricin from *Lactobacillus plantarum* // *Applied and Environmental Microbiology*. 2017. Vol. 83, Iss. 14. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00799-17>.
- Mohammed Y., Lee B., Kang Z., Du G. Capability of *Lactobacillus reuteri* to produce an active form of Vitamin B12 under optimized fermentation conditions // *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*. 2014. Vol. 2. P. 617–621.
- Mokoena M. P. Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review // *Molecules*. 2017. Vol. 22, Iss. 8. Article number: 1255. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22081255>.
- Moser A., Schafroth K., Meile L., Egger L. [et al.]. Population dynamics of *Lactobacillus helveticus* in Swiss Gruyère-type cheese manufactured with natural whey cultures // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00637>.
- Nagaoka S. Yogurt production // *Lactic Acid Bacteria. Methods in Molecular Biology* / eds.: M. Kanauchi. Vol. 1887. Humana Press, New York, NY, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8907-2_5.
- Noda M., Danshiitsoodol N., Sakaguchi T., Kanno K. [et al.]. Exopolysaccharide produced by plant-derived *Lactobacillus plantarum* SN35N exhibits antiviral activity // *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 2021. Vol. 44, Iss. 12. P. 1886–1890. DOI: <https://doi.org/10.1248/bpb.b21-00517>.
- Oh N. S., Joung J. Y., Lee J. Y., Kim S. H. [et al.]. Characterization of the microbial diversity and chemical composition of gouda cheese made by potential probiotic strains as an adjunct starter culture // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Vol. 64, Iss. 39. P. 7357–7366. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02689>.
- Okubo R., Xiao J., Matsuoka Y. J. Potential beneficial effects of *Bifidobacterium breve* A1 on cognitive impairment and psychiatric disorders // *The Neuroscience of Depression. Features, Diagnosis, and Treatment* / eds.: C. R. Martin, L.-A. Hunter V. [et al.]. Academic Press, 2021. P. 497–504. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817933-8.00040-2>.
- Papademas P. Dairy microbiology. A practical approach. Boca Raton : CRC Press, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1201/b17915>.
- Pimentel T. C., Garcia S., Prudêncio S. H. Effect of long-chain inulin on the texture profile and survival of *Lactobacillus paracasei* spp. *paracasei* in set yoghurts during refrigerated storage // *International Journal of Dairy Technology*. 2012. Vol. 65, Iss. 1. P. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00739.x>.
- Pompei A., Cordisco L., Amaretti A., Zanoni S. [et al.]. Folate production by bifidobacteria as a potential probiotic property // *Applied and Environmental Microbiology*. 2007. Vol. 73, Iss. 1. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01763-06>.

- Prado M. R., Blandón L. M., Vandenberghe L. P. S., Rodrigues C. [et al.]. Milk kefir: Composition, microbial cultures, biological activities, and related products // *Frontiers in Microbiology*. 2015. Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01177>.
- Ratanaburee A., Kantachote D., Charenrjiratrakul W., Sukhoom A. Selection of γ -aminobutyric acid-producing lactic acid bacteria and their potential as probiotics for use as starter cultures in Thai fermented sausages (*Nham*) // *International Journal of Food Science & Technology*. 2013. Vol. 48, Iss. 7. P. 1371–1382. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12098>.
- Seddik H. A., Bendali F., Gancel F., Fliss I. [et al.]. *Lactobacillus plantarum* and its probiotic and food potentialities // *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2017. Vol. 9, Iss. 2. P. 111–122. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9264-z>.
- Shiby V. K., Mishra H. N. Fermented milks and milk products as functional foods – A review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013. Vol. 53, Iss. 5. P. 482–496. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.547398>.
- Siçramaz H., Güven O. T., Can A., Ayar A. [et al.]. Impact of different starter cultures and *Lactobacillus helveticus* on volatile components, chemical and sensory properties of pasta filata cheese // *Current Research in Food Science*. 2022. Vol. 5. P. 1009–1016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.05.017>.
- Solito A., Bozzi Cionci N. B., Calgaro M., Caputo M. [et al.]. Supplementation with *Bifidobacterium breve* BR03 and B632 strains improved insulin sensitivity in children and adolescents with obesity in a cross-over, randomized double-blind placebo-controlled trial // *Clinical Nutrition*. 2021. Vol. 40, Iss. 7. P. 4585–4594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.06.002>.
- Surber G., Spiegel T., Dang B. P., Pombo A. W. [et al.]. Cream cheese made with exopolysaccharide-producing *Lactococcus lactis*: Impact of strain and curd homogenization pressure on texture and syneresis // *Journal of Food Engineering*. 2021. Vol. 308. Article number: 110664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110664>.
- Tian P., Chen Y., Zhu H., Wang L. [et al.]. *Bifidobacterium breve* CCFM1025 attenuates major depression disorder via regulating gut microbiome and tryptophan metabolism: A randomized clinical trial // *Brain, Behavior, and Immunity*. 2022a. Vol. 100. P. 233–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2021.11.023>.
- Tian R., Yu Z., Yu L., Tian F. [et al.]. Effects of *Bifidobacterium Longum* Ccfm5871 as an adjunct starter culture on the production of fermented milk // *SSRN*. 2022b. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4180220>.
- Todorov S. D., Popov I., Weeks R., Chikindas M. L. Use of bacteriocins and bacteriocinogenic beneficial organisms in food products: Benefits, challenges, concerns // *Foods*. 2022. Vol. 11, Iss. 19. Article number: 3145. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11193145>.
- Vamanu E., Gatea F. Correlations between microbiota bioactivity and bioavailability of functional compounds: A mini-review // *Biomedicines*. 2020. Vol. 8, Iss. 2. Article number: 39. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines8020039>.
- Wan C., Qian W. W., Liu W., Pi X. [et al.]. Exopolysaccharide from *Lactobacillus rhamnosus* ZFM231 alleviates DSS-induced colitis in mice by regulating gut microbiota // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2022. Vol. 102, Iss. 15. P. 7087–7097. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12070>.
- Wang Q., Liu X., Fu J., Wang S. [et al.]. Substrate sustained release-based high efficacy biosynthesis of GABA by *Lactobacillus brevis* NCL912 // *Microbial Cell Factories*. 2018. Vol. 17. Article number: 80. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0919-6>.
- Xu Z., Li S., Gong G., Liu Z. [et al.]. Influence of different acidifying strains of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the quality of yoghurt // *Food Science and Technology Research*. 2015. Vol. 21, Iss. 2. P. 263–269. DOI: <https://doi.org/10.3136/fstr.21.263>.
- Yao S., Zhao Z., Wang W., Liu X. *Bifidobacterium Longum*: Protection against inflammatory bowel disease // *Journal of Immunology Research*. 2021. Vol. 2021. Article number: 8030297. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8030297>.
- Zha M., Yu J., Zhang Y., Wang H. [et al.]. Study on *Streptococcus thermophilus* isolated from Qula and associated characteristic of acetaldehyde and diacetyl in their fermented milk // *The Journal of General and Applied Microbiology*. 2015. Vol. 61, Iss. 2. P. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.2323/jgam.61.50>.
- Zhang Y., Yang J., Liu Y., Wu Y. [et al.]. A novel bacteriocin PE-ZYB1 produced by *Pediococcus pentosaceus* zy-B isolated from intestine of *Mimachlamys nobilis*: Purification, identification and its anti-listerial action // *LWT*. 2019. Vol. 118. Article number: 108760. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108760>.
- Zhuang K., Jiang Y., Feng X., Li L. [et al.]. Transcriptomic response to GABA-producing *Lactobacillus plantarum* CGMCC 1.2437^T induced by L-MSG // *PloS One*. 2018. Vol. 13, Iss. 6. Article number: e0199021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199021>.

References

- Artyukhova, S. I., Klyueva, K. V. 2015. Prospects for the development of domestic biologically active food additives based on consortia of lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Young Russia: Advanced Technologies – in Industry!*, 3, pp. 208–212. EDN: UZEPEV. (In Russ.)
- Utebaeva, A. A., Burmasova, M. A., Sysoeva, M. A. 2016. Prospects for the use of bifidobacteria in functional nutrition products and medicines. *Izvestiya Vuzov. Applied Chemistry and Biotechnology*, 4(19), pp. 100–109. DOI: 10.21285/2227-2925-2016-6-4-100-109. EDN: XHYJGF. (In Russ.)
- Akabanda, F., Owusu-Kwarteng, J., Tano-Debrah, K., Parkouda, C. et al. 2014. The use of lactic acid bacteria starter culture in the production of *Nunu*, a spontaneously fermented milk product in Ghana. *International Journal of Food Science*, 2014. Article number: 721067. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/721067>.
- Ansorena, D., Astiasarán, I. 2016. Fermented foods: Composition and health effects. *Encyclopedia of Food and Health*, pp. 649–655. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00285-3>.
- Arqués, J. L., Rodríguez, E., Langa, S., Landete, J. M. et al. 2015. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in dairy products and gut: Effect on pathogens. *BioMed Research International*, 2015. Article number: 584183. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/584183>.
- Aunsbjerg, S. D., Honoré, A. H., Marcussen, J., Ebrahimi, P. et al. 2015. Contribution of volatiles to the antifungal effect of *Lactobacillus paracasei* in defined medium and yogurt. *International Journal of Food Microbiology*, 194, pp. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.007>.
- Ayivi, R. D., Ibrahim, S. A. 2022. Lactic acid bacteria: An essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(11), pp. 7008–7025. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16076>.
- Bai, Y., Luo, B., Zhang, Y., Li, X. et al. 2021. Exopolysaccharides produced by *Pediococcus acidilactici* MT41-11 isolated from camel milk: Structural characteristics and bioactive properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 185. P. 1036–1049. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.152>.
- Belicová, A., Mikulášová, M., Dušinský, R. 2013. Probiotic potential and safety properties of *Lactobacillus plantarum* from Slovak Bryndza cheese. *BioMed Research International*, 2013. Article number: 760298. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/760298>.
- Bintsis, T. 2018. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS Microbiology*, 4(4), pp. 665–684. DOI: <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>.
- Capurso, L. 2019. Thirty years of *Lactobacillus rhamnosus* GG. A review. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 53, pp. S1–S41. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001170>.
- Casarotti, S. N., Monteiro, D. A., Moretti, M. M. S., Penna, A. L. B. 2014. Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk. *Food Research International*, 59, pp. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.068>.
- Castro, J. M., Tornadijo, M. E., Fresno, J. M., Sandoval, H. 2015. Biocheese: A food probiotic carrier. *BioMed Research International*, 2015. Article number: 723056. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/723056>.
- Coelho, M. C., Malcata, F. X., Silva, C. C. G. 2022. Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods*, 11(15). Article number: 2276. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11152276>.
- Cui, Y., Wang, M., Zheng, Y., Miao, K. et al. 2021. The carbohydrate metabolism of *Lactiplantibacillus plantarum*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(24). Article number: 13452. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms222413452>.
- Dai, D. L. Y., Petersen, C., Hoskinson, C., Del Bel, K. L. et al. 2023. Breastfeeding enrichment of *B. Longum* subsp. *Infantis* mitigates the effect of antibiotics on the microbiota and childhood asthma risk. *Med*, 4(2), pp. 92–112.e5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medj.2022.12.002>.
- Dal Bello, B., Cocolin, L., Zeppa, G., Field, D. et al. 2012. Technological characterization of bacteriocin producing *Lactococcus lactis* strains employed to control *Listeria monocytogenes* in cottage cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 153(1–2), pp. 58–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.016>.
- Dan, T., Chen, H., Li, T., Tian, J. et al. 2019. Influence of *Lactobacillus plantarum* P-8 on fermented milk flavor and storage stability. *Frontiers in Microbiology*, 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03133>.
- Dan, T., Hu, H., Tian, J., He, B. et al. 2023. Influence of different ratios of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* on fermentation characteristics of yogurt. *Molecules*, 28(5). Article number: 2123. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28052123>.
- de Almeida, J. d. S. O., Dias, C. O., Pinto, S. S., Pereira, L. C. et al. 2018. Probiotic mascarpone-type cheese: Characterisation and cell viability during storage and simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Dairy Technology*, 71(S1), pp. 195–203. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12457>.
- de Castilho, N. P. A., Nero, L. A., Todorov, S. D. 2019. Molecular screening of beneficial and safety determinants from bacteriocinogenic lactic acid bacteria isolated from Brazilian artisanal calabresa. *Letters in Applied Microbiology*, 69(3), pp. 204–211. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.13194>.

- de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Junqueira, A. C. D. O., Karp, S. G. et al. 2020. A review of selection criteria for starter culture development in the food fermentation industry. *Food Reviews International*, 36(2), pp. 135–167. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1630636>.
- Frece, J., Cvrtila, J., Topić, I., Delaš, F. et al. 2014. *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* as potential functional starter culture. *Food Technology and Biotechnology*, 52(4), pp. 489–494. DOI: <https://doi.org/10.17113/ftb.52.04.14.3794>.
- Fusieger, A., Martins, M. C. F., de Freitas, R., Nero, L. A. et al. 2020. Technological properties of *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* bv. *diacetylactis* obtained from dairy and non-dairy niches. *Brazilian Journal of Microbiology*, 51, pp. 313–321. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00182-3>.
- Goldstein, E. J., Tyrrell, K. L., Citron, D. M. 2015. *Lactobacillus* species: Taxonomic complexity and controversial susceptibilities. *Clinical Infectious Diseases*, 60(Suppl. 2), pp. S98–S107. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/civ072>.
- Gotoh, Y., Kita, K., Tanaka, K., Ishikawa, S. et al. 2021. Genome sequences of two strains of *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* with the same ancestry but a different capacity to produce exopolysaccharides. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 67(5), pp. 220–223. DOI: <https://doi.org/10.2323/jgam.2021.03.001>.
- Gu, Y., Li, X., Xiao, R., Dudu, O. E. et al. 2020. Impact of *Lactobacillus paracasei* IMC502 in coculture with traditional starters on volatile and non-volatile metabolite profiles in yogurt. *Process Biochemistry*, 99, pp. 61–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.07.003>.
- Hernández-Parada, N., González-Ríos, O., Suárez-Quiroz, M. L., Hernández-Estrada, Z. J. et al. 2023. Exploiting the native microorganisms from different food matrices to formulate starter cultures for sourdough bread production. *Microorganisms*, 11(1). Article number: 109. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010109>.
- Hidalgo-Cantabrana, C., Delgado, S., Ruiz, L., Ruas-Madiedo, P. et al. 2017. Bifidobacteria and their health-promoting effects. *Microbiology Spectrum*, 5(3). DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.BAD-0010-2016>.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R. et al. 2014. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), pp. 506–514. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>.
- Jia, R., Chen, H., Chen, H., Ding, W. 2016. Effects of fermentation with *Lactobacillus rhamnosus* GG on product quality and fatty acids of goat milk yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(1), pp. 221–227. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10114>.
- Joshi, V. K. 2015. Indigenous fermented foods of South Asia. CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/b19214>.
- Kok, C. R., Hutkins, R. 2018. Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. *Nutrition Reviews*, 76(Suppl. 1), pp. 4–15. DOI: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy056>.
- Kort, R., Westerik, N., Mariela Serrano, L., Douillard, F. P. et al. 2015. A novel consortium of *Lactobacillus rhamnosus* and *Streptococcus thermophilus* for increased access to functional fermented foods. *Microbial Cell Factories*, 14. Article number: 195. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12934-015-0370-x>.
- Li, S., Huang, R., Shah, N. P., Tao, X. et al. 2014. Antioxidant and antibacterial activities of exopolysaccharides from *Bifidobacterium bifidum* WBIN03 and *Lactobacillus plantarum* R315. *Journal of Dairy Science*, 97(12), pp. 7334–7343. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7912>.
- Linares, D. M., Gómez, C., Renes, E., Fresno, J. M. et al. 2017. Lactic acid bacteria and bifidobacteria with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods. *Frontiers in Microbiology*, 8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00846>.
- Liu, G., Ren, G., Zhao, L., Cheng, L. et al. 2017. Antibacterial activity and mechanism of bifidocin A against *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 7, Part B, pp. 854–861. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.036>.
- Makino, S., Sato, A., Goto, A., Nakamura, M. et al. 2016. Enhanced natural killer cell activation by exopolysaccharides derived from yogurt fermented with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* OLL1073R-1. *Journal of Dairy Science*, 99(2), pp. 915–923. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10376>.
- Małaczewska, J., Kaczorek-Łukowska, E. 2021. Nisin-A lantibiotic with immunomodulatory properties: A review. *Peptides*, 137. Article number: 170479. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2020.170479>.
- Markowiak, P., Ślizewska, K. 2017. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9). Article number: 1021. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu9091021>.
- Mills, S., Griffin, C., O'Connor, P. M., Serrano, L. M. et al. 2017. A multibacteriocin cheese starter system, comprising Nisin and Lacticin 3147 in *Lactococcus lactis*, in combination with Plantaricin from *Lactobacillus plantarum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(14). DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00799-17>.
- Mohammed, Y., Lee, B., Kang, Z., Du, G. 2014. Capability of *Lactobacillus reuteri* to produce an active form of Vitamin B12 under optimized fermentation conditions. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 2, pp. 617–621.
- Mokoena, M. P. 2017. Lactic acid bacteria and their bacteriocins: Classification, biosynthesis and applications against uropathogens: A mini-review. *Molecules*, 22(8). Article number: 1255. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22081255>.

- Moser, A., Schafroth, K., Meile, L., Egger, L. et al. 2018. Population dynamics of *Lactobacillus helveticus* in Swiss Gruyère-type cheese manufactured with natural whey cultures. *Frontiers in Microbiology*, 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00637>.
- Nagaoka, S. 2019. Yogurt production. In *Lactic Acid Bacteria. Methods in Molecular Biology*. Eds.: M. Kanauchi. Vol. 1887. Humana Press, New York, NY. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8907-2_5.
- Noda, M., Danshiitsoodol, N., Sakaguchi, T., Kanno, K. et al. 2021. Exopolysaccharide produced by plant-derived *Lactobacillus plantarum* SN35N exhibits antiviral activity. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 44(12), pp. 1886–1890. DOI: <https://doi.org/10.1248/bpb.b21-00517>.
- Oh, N. S., Joung, J. Y., Lee, J. Y., Kim, S. H. et al. 2016. Characterization of the microbial diversity and chemical composition of gouda cheese made by potential probiotic strains as an adjunct starter culture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(39), pp. 7357–7366. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02689>.
- Okubo, R., Xiao, J., Matsuoka, Y. J. 2021. Potential beneficial effects of *Bifidobacterium breve* A1 on cognitive impairment and psychiatric disorders. In *The Neuroscience of Depression. Features, Diagnosis, and Treatment*. Eds.: C. R. Martin, L.-A. Hunter V. et al. Academic Press, pp. 497–504. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817933-8.00040-2>.
- Papademas, P. 2014. Dairy microbiology. A practical approach. Boca Raton: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/b17915>.
- Pimentel, T. C., Garcia, S., Prudêncio, S. H. 2012. Effect of long-chain inulin on the texture profile and survival of *Lactobacillus paracasei* spp *paracasei* in set yoghurts during refrigerated storage. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1), pp. 104–110. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00739.x>.
- Pompei, A., Cordisco, L., Amaretti, A., Zanoni, S. et al. 2007. Folate production by bifidobacteria as a potential probiotic property. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(1). DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01763-06>.
- Prado, M. R., Blandón, L. M., Vandenberghe, L. P. S., Rodrigues, C. et al. 2015. Milk kefir: Composition, microbial cultures, biological activities, and related products. *Frontiers in Microbiology*, 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01177>.
- Ratanaburee, A., Kantachote, D., Charernjitrakul, W., Sukhoom, A. 2013. Selection of γ -aminobutyric acid-producing lactic acid bacteria and their potential as probiotics for use as starter cultures in Thai fermented sausages (*Nham*). *International Journal of Food Science & Technology*, 48(7), pp. 1371–1382. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12098>.
- Seddik, H. A., Bendali, F., Gancel, F., Fliss, I. et al. 2017. *Lactobacillus plantarum* and its probiotic and food potentialities. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 9(2), pp. 111–122. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12602-017-9264-z>.
- Shiby, V. K., Mishra, H. N. 2013. Fermented milks and milk products as functional foods – A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), pp. 482–496. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.547398>.
- Siçramaz, H., Güven, O. T., Can, A., Ayar, A. et al. 2022. Impact of different starter cultures and *Lactobacillus helveticus* on volatile components, chemical and sensory properties of pasta filata cheese. *Current Research in Food Science*, 5, pp. 1009–1016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.05.017>.
- Solito, A., Bozzi Cionci, N. B., Calgaro, M., Caputo, M. et al. 2021. Supplementation with *Bifidobacterium breve* BR03 and B632 strains improved insulin sensitivity in children and adolescents with obesity in a cross-over, randomized double-blind placebo-controlled trial. *Clinical Nutrition*, 40(7), pp. 4585–4594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.06.002>.
- Surber, G., Spiegel, T., Dang, B. P., Pombo, A. W. et al. 2021. Cream cheese made with exopolysaccharide-producing *Lactococcus lactis*: Impact of strain and curd homogenization pressure on texture and syneresis. *Journal of Food Engineering*, 308. Article number: 110664. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110664>.
- Tian, P., Chen, Y., Zhu, H., Wang, L. et al. 2022a. *Bifidobacterium breve* CCFM1025 attenuates major depression disorder via regulating gut microbiome and tryptophan metabolism: A randomized clinical trial. *Brain, Behavior, and Immunity*, 100, pp. 233–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2021.11.023>.
- Tian, R., Yu, Z., Yu, L., Tian, F. et al. 2022b. Effects of *Bifidobacterium Longum* Ccfm5871 as an adjunct starter culture on the production of fermented milk. *SSRN*. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4180220>.
- Todorov, S. D., Popov, I., Weeks, R., Chikindas, M. L. 2022. Use of bacteriocins and bacteriocinogenic beneficial organisms in food products: Benefits, challenges, concerns. *Foods*, 11(19). Article number: 3145. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11193145>.
- Vamanu, E., Gatea, F. 2020. Correlations between microbiota bioactivity and bioavailability of functional compounds: A mini-review. *Biomedicines*, 8(2). Article number: 39. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines8020039>.
- Wan, C., Qian, W. W., Liu, W., Pi, X. et al. 2022. Exopolysaccharide from *Lactobacillus rhamnosus* ZFM231 alleviates DSS-induced colitis in mice by regulating gut microbiota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(15), pp. 7087–7097. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12070>.

- Wang, Q., Liu, X., Fu, J., Wang, S. et al. 2018. Substrate sustained release-based high efficacy biosynthesis of GABA by *Lactobacillus brevis* NCL912. *Microbial Cell Factories*, 17. Article number: 80. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0919-6>.
- Xu, Z., Li, S., Gong, G., Liu, Z. et al. 2015. Influence of different acidifying strains of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on the quality of yoghurt. *Food Science and Technology Research*, 21(2), pp. 263–269. DOI: <https://doi.org/10.3136/fstr.21.263>.
- Yao, S., Zhao, Z., Wang, W., Liu, X. 2021. *Bifidobacterium Longum*: Protection against inflammatory bowel disease. *Journal of Immunology Research*, 2021. Article number: 8030297. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8030297>.
- Zha, M., Yu, J., Zhang, Y., Wang, H. et al. 2015. Study on *Streptococcus thermophilus* isolated from Qula and associated characteristic of acetaldehyde and diacetyl in their fermented milk. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 61(2), pp. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.2323/jgam.61.50>.
- Zhang, Y., Yang, J., Liu, Y., Wu, Y. et al. 2019. A novel bacteriocin PE-ZYB1 produced by *Pediococcus pentosaceus* zy-B isolated from intestine of *Mimachlamys nobilis*: Purification, identification and its anti-listerial action. *LWT*, 118. Article number: 108760. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108760>.
- Zhuang, K., Jiang, Y., Feng, X., Li, L. et al. 2018. Transcriptomic response to GABA-producing *Lactobacillus plantarum* CGMCC 1.2437^T induced by L-MSG. *PLoS One*, 13(6). Article number: e0199021. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199021>.

Сведения об авторах

Каночкина Мария Сергеевна – Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), канд. техн. наук;
ООО "Микробные нутриенты иммунокорректоры", научный руководитель
биотехнологических проектов;
e-mail: kanoch@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/000-0001-6077-5957>

Maria S. Kanochkina – 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080;
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Limited liability company "Microbial nutrients immunocorrectors",
Scientific Director of biotechnological projects;
e-mail: kanoch@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/000-0001-6077-5957>

Иванова Людмила Афанасьевна – Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), д-р техн. наук, профессор;
e-mail: biotech@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1993-8333>

Ludmila A. Ivanova – 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080;
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Dr Sci. (Engineering), Professor;
e-mail: biotech@mgupp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1993-8333>

Коновалова Анастасия Дмитриевна – Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), студент;
e-mail: konovalova.bio@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4998-1994>

Anastasia D. Konovalova – 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080;
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Student;
e-mail: konovalova.bio@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4998-1994>

Левин Олег Николаевич – Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 125080;
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), студент;
e-mail: oleg.l-e-v-i-n@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8567-412X>

Oleg N. Levin – 11 Volokolamsk Highway, Moscow, Russia, 125080;
Russian Biotechnological University (BIOTECH University), Student;
e-mail: oleg.l-e-v-i-n@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8567-412X>