

Совершенствование биотехнологии симбиотического бактериального концентрата

Ирина В. Бояринева¹ boyarinevaiv@ya.ru  0000-0003-4791-884X
Ирина С. Хамагаева² ikhamagaeva@mail.ru  0000-0003-4294-5857

¹ Дальневосточный федеральный университет, п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, 690922, Россия

² Восточно-Сибирский государственный технологический университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40 в, г. Улан-Удэ, 670013, Россия

Аннотация. В сфере пищевых технологий в настоящее время вопрос получения бактериальных концентратов с высокой урожайностью и жизнеспособностью микробных клеток является актуальным вопросом. Целенаправленное регулирование технологических параметров изготовления бактериальных препаратов оказывает существенное влияние на их качество и, следовательно, на качество готовых пищевых продуктов. В статье представлены результаты исследований по совершенствованию технологии жидкого бактериального концентрата на основе симбиотической закваски для хлебопекарного производства. Этот бактериальный концентрат состоит из консорциума микроорганизмов, характерных для ферментационной микрофлоры ржаных заквасок. Определена оптимальная доза внесения инокулята с целью наращивания биомассы симбиотической закваски. Особенность технологии – принципиально новый подход к подготовке инокулята и получению биомассы симбиотической закваски. Особое внимание при производстве симбиотического концентрата было уделено оптимизации состава питательной среды и созданию условий для роста мезофильных лактобактерий и дрожжей, не сбраживающих лактозу, характерной для бродильной микрофлоры, используемой в хлебопекарном производстве. Для получения биомассы используется простая в приготовлении и дешевая питательная среда на основе творожной сыворотки; в качестве инокулята используется симбиотическая закваска, близкая к естественной закваске для получения ржаного хлеба; благодаря сбалансированному составу среды интенсифицируется процесс накопления биомассы; микробная биомасса характеризуется высоким титром жизнеспособных клеток. Установлена высокая выживаемость клеток в условиях инфракрасной сушки. Полученный концентрат симбиотической закваски обладает высокой ферментативной активностью, хорошей подъемной силой и имеет высокий титр мезофильных лактобактерий и дрожжей, не сбраживающих лактозу.

Ключевые слова: закваска, концентрат симбиотической закваски, консорциум, питательная среда, биомасса.

Improving the biotechnology of symbiotic bacterial concentrate

Irina V. Boyarineva¹ boyarinevaiv@ya.ru  0000-0003-4791-884X
Irina S. Khamagaeva² ikhamagaeva@mail.ru  0000-0003-4294-5857

¹ Far Eastern Federal University, Ajax, 10, Russian Island, Vladivostok, 690922, Russia

² East Siberian State Technological University of Technology and Management, Klyuchevskaya str., 40 v, Ulan-Ude, 670013, Russia

Abstract. In the field of food technology, it is currently important to obtain bacterial concentrates with high yield and viability of microbial cells. Purposeful regulation of the technological parameters of the production of bacterial preparations has a significant impact on their quality and on the quality of finished food products. The results of research on improving the technology of liquid bacterial concentrate based on symbiotic starter culture for bakery production are presented. This bacterial concentrate consists of a consortium of microorganisms characteristic of the fermentation microflora of rye starter cultures. The optimal dose of inoculate application was determined in order to increase the biomass. A feature of the technology is a new approach to inoculate preparation and biomass production. In the production of symbiotic concentrate, it is important to optimize the composition of the nutrient medium, to create conditions for the growth of mesophilic lactobacilli and yeast that do not ferment lactose, characteristic of the fermentation microflora used in bakery production. To obtain biomass, a simple and cheap nutrient medium based on curd whey is used; the inoculum is a natural symbiotic starter culture for rye bread; due to the balanced composition of the medium, the process of biomass accumulation is intensified; biomass is characterized by a high titer of viable cells. A high survival rate of cells under infrared drying conditions has been established. The starter concentrate has high enzymatic activity, good lifting power, has a high titer of mesophilic lactobacilli and yeast that do not ferment lactose.

Keywords: starter culture, symbiotic starter concentrate, consortium, nutrient medium, biomass.

Введение

Одной из важнейших задач производства биопрепаратов является совершенствование методов культивирования, что обеспечивается разработкой новых питательных сред и совершенствованием режимов культивирования, позволяющих получить высокое количество клеток микроорганизмов в концентрате и выход биомассы.

Для цитирования

Бояринева И.В., Хамагаева И.С. Совершенствование биотехнологии симбиотического бактериального концентрата // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 4. С. 89–95. doi:10.20914/2310-1202-2022-4-89-95

For citation

Boyarineva I.V., Khamagaeva I.S. Improving the biotechnology of symbiotic bacterial concentrate. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 4. pp. 89–95. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-4-89-95

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Поскольку потребности микроорганизмов чрезвычайно разнообразны, нельзя составить универсальную среду, оптимальную для роста всех микроорганизмов. Существуют самые различные по составу и технике приготовления питательные среды. Применяются всевозможные естественные и искусственные субстраты, начиная от простой водопроводной воды и солевых растворов до сложных экстрактов из зародышей животных и растений, от отбросов (навоз) до полноценных белков человека и животных.

Для размножения любой культуры необходимо обеспечить подходящее биофизическое окружение. Умелое обращение с биофизическими и биологическими факторами приобретает особую важность в получении накопительных культур и последующего выделения микроорганизмов в виде чистой культуры. Температура, аэрация и давление определяются условиями культивирования. Все эти факторы влияют на скорость роста, выход биомассы, метаболизм и химический состав бактерий [1].

Важную роль в процессе культивирования или выращивания микроорганизмов при этом играет активность посевного материала. Инокулят должен обладать высокой биохимической активностью, использование которого позволит интенсифицировать процесс наращивания клеток и получить биомассу с высоким титром бактерий [2].

В ходе создания поликомпонентных микробных препаратов стоит учитывать не только антагонистическую активность или ростостимулирующие свойства полезных бактерий, но также и их биосовместимость между собой. Высокая степень совместимости штаммов непосредственно влияет на возможность применения, эффективность и стабильность разрабатываемого продукта [3, 4]. Важно, чтобы культуры в многштаммовом биопреparate не вступали в конкурентные взаимоотношения между собой, а пребывали в нейтральном или синергичном взаимодействии [5].

При подборе питательной среды для микробного консорциума первоочередной задачей является обеспечение роста лактозонеусваивающих дрожжей и мезофильных лактобактерий [6].

Дрожжи и некоторые представители лактобактерий могут проявлять активность по отношению к другим углеводам помимо лактозы. Известно, что в технологии приготовления хлеба из ржаной муки применимы закваски с использованием чистых культур лактобактерий и дрожжей. В состав заквасок ржаной муки входят такие лактобактерии и дрожжи, как

Lactobacillus plantarum, *L. brevis*, *L. delbrueckii*, *L. fermentum*, *Saccharomyces cerevisiae*. Известно, что ржаная мука обладает высокой биологической ценностью и характеризуется большим удельным весом в составе водорастворимого белково-углеводного комплекса [7].

В процессе ферментации закваски температура выступает в качестве основного фактора, влияющего на динамику микробного сообщества и кинетику образования метаболитов. Более высокие температуры вызывают сдвиг в сторону увеличения содержания молочной кислоты, тем самым повышая кислотность закваски. Гомоферментативные и факультативно гетероферментативные виды молочнокислых бактерий (LAB), принадлежащие, например, к группе *Lactobacillus delbrueckii*, часто преобладающая в заквасках, приготовленных при повышенных температурах, вызывает быстрое снижение pH водно-мучной питательной смеси, главным образом, за счет образования молочной кислоты. Гетероферментативные типы дрожжи, как правило, преобладают в заквасках, которые выдерживаются при более низких температурах и в течение длительных периодов брожения, образуя смесь молочной, уксусной кислот и/или этанола [8].

Таким образом, технология получения бактериального концентрата зависит от многих факторов.

Необходимо совершенствовать производственный цикл сброженной закваски путем поиска взаимосвязи между количественным составом рецептурных компонентов, технологическими параметрами постадийного приготовления сброженной закваски и ее биотехнологическими свойствами для выявления оптимальных диапазонов варьирования, обеспечивающие требуемый качественный и количественный микробный состав [9].

Существующая традиционная технология приготовления ржаного хлеба и сортов ржано-пшеничного хлеба предусматривает использование жидких заквасок, выращенных на чистых культурах микроорганизмов по трехфазной схеме цикла разведения и поддерживаемых непрерывным периодическим освежением. Эта технология слишком трудоемкая.

В связи с этим, актуальным является создание концентрированной закваски с высокими биотехнологическими свойствами, использование которой позволит интенсифицировать бродильные процессы и значительно упростить технологию приготовления ржаного хлеба.

Цель работы – разработать технологию бактериального концентрата для хлебопекарного производства, используя механизм гетероферментативного брожения кефирной грибковой закваски.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования проводились на кафедре «Технология молочных продуктов. Товароведение и экспертиза товаров», в проблемной научно-исследовательской лаборатории ВСГУТУ. Объектом исследований служила кефирная грибковая закваска. Морфологию микрофлоры закваски изучали путем приготовления препаратов, окрашенных метиленовым синим и по Граму с последующим микропированием в иммерсионной системе с объективом 90 с нанесением капель кедрового масла. Количество лактозных дрожжей определяли на картофельно-лактозном агаре методом предельных разведений. Количество дрожжей, не сбраживающих лактозу, определяли на картофельно-сахарозном агаре методом предельных разведений. Общее количество дрожжей в закваске определяли методом предельных разведений с последующим посевом в чашках Петри со средой Сабуро.

Количественный учет термофильных и мезофильных лактобактерий проводили на среде «Бактофок». Состав среды: Бактофок-МК 20,0 г; натрия хлорид 5,0 г; глюкоза 1,0 г; агар микробиологический 13,0 г; вода дистиллированная 1000 см³. Все ингредиенты растворяют в воде, прибавляют замоченный заранее агар, нагревают до полного его расплавления, устанавливают pH=7,3±0,1, фильтруют через ватно-марлевый фильтр, разливают во флаконы и стерилизуют при температуре (121±1)°C в течение 15 мин. Хранят при температуре 4–10 °C.

Результаты и обсуждение

Ранее была оптимизирована питательная среда для получения бактериального концентрата симбиотической закваски с учетом сбалансированного роста мезофильных лактобактерий и дрожжей, не сбраживающих лактозу. Для наращивания биомассы симбиотической закваски определена оптимальная доза инокулята 5% от объема питательной среды. Доказано, что внесение в питательную среду 15% картофельного отвара и 0,8% агара ускоряет рост дрожжей и обеспечивает высокий выход биомассы симбиотической закваски [10].

Следующие экспериментальные исследования посвящены разработке технологии бактериального концентрата симбиотической закваски в жидкой и сухой формах.

Технологический процесс производства концентрата состоит из следующих основных стадий: приготовление закваски, приготовление картофельного отвара, приготовление питательной среды, наращивание биомассы симбиотической закваски, отделение культуральной жидкости от суспензии клеток, центрифугирование, розлив, укупорка, сушка, маркировка и хранение.

Средой для получения биомассы симбиотической закваски служит сыворотка творожная с добавлением буферных солей и стимуляторов роста. Сыворотку предварительно осветляют. Для этого ее нагревают до температуры 92–95 °C, добавляют 40%-ный раствор гидроокиси натрия, выдерживают 10–15 мин и фильтруют. В подготовленную сыворотку вносят картофельный отвар, натрий лимоннокислый, калий фосфорнокислый, магний сернокислый, сахарозу, аскорбиновую кислоту, агар и устанавливают pH среды в пределах 6,0–6,5.

Компонентный состав питательной среды представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Компонентный состав питательной среды

Table 1.

Component composition of the nutrient medium

Сырье и основные материалов Raw materials and base materials	Расход Volume
Сыворотка творожная Curd whey	850 мл
Отвар картофельный Potato broth	150 мл
Натрий лимоннокислый трехзамещенный Sodium citric acid tri – substituted	1,0 г/л
Калий фосфорнокислый однозамещенный Potassium phosphate monosubstituted	0,5 г/л
Магний сернокислый Magnesium sulphate	0,1 г/л
Аскорбиновая кислота Ascorbic acid	0,1 г/л
Агар микробиологический Microbiological agar	0,8 г/л
Сахароза Sucrose	0,5 г/л

Готовую среду стерилизуют при температуре (121±1)°C в течение 30–40 минут, затем охлаждают до температуры (30±2)°C.

Приготовление картофельного отвара проводится следующим образом: очищенный и нарезанный ломтиками картофель массой 200 г. заливают 1 л дистиллированной воды и кипятят в течение 1 часа. Отвар фильтруют, к фильтрату добавляют воду до первоначального объема, устанавливают pH 3,5, разливают и стерилизуют при температуре 121 °C в течение 10 минут. В охлажденную до температуры (30±1)°C питательную среду вносят картофельный отвар в количестве 15%, затем инокулят в количестве 5% от массы среды. Среда с инокулятом тщательно перемешивают и нейтрализуют pH до значений 6,0–6,5.

Наращивание биомассы симбиотической закваски проводят в условиях периодического культивирования при двукратной нейтрализации и перемешивании среды через 12 и 24 часа

культивирования. Продолжительность культивирования составляет 24 ± 2 часа при температуре $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ (рисунок 1).

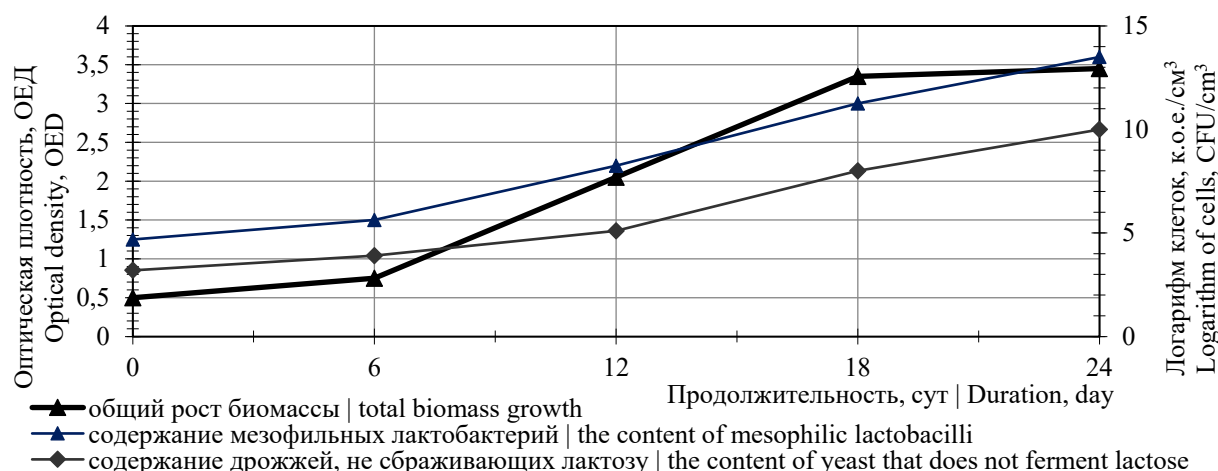


Рисунок 1. Влияние условий культивирования на рост биомассы и количественное содержание мезофильных лактобактерий и дрожжей, не сбраживающих лактозу

Figure 1. Influence of cultivation conditions on biomass growth and quantitative content of mesophilic lactobacilli and yeast that do not ferment lactose

После окончания процесса культивирования сливают верхний слой отделившейся сыворотки, оставшуюся биомассу охлаждают до температуры $(5 \pm 3)^\circ\text{C}$ и центрифугируют при частоте оборотов 3500 об/с продолительно-

стью 15 минут. Таким образом, суспензию клеток отделяют от культуральной жидкости с целью получения жидкого бактериального концентрата. Качественные показатели жидкого бактериального концентрата представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Качественная характеристика бактериального концентрата

Table 2.

Qualitative characteristics of bacterial concentrate

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic
Консистенция и внешний вид Consistency and appearance	Однородная, допускается отделение сыворотки
Цвет Colour	От белого до светло-желтого
Активная кислотность, pH Active acidity, pH	5,5–7,0
Количество мезофильных лактобактерий, к.о.е./см³, не менее The number of mesophilic lactobacilli, K.F.U./cm³, not less	1×10^{10}
Количество дрожжей, не сбраживающих лактозу, к.о.е./см³, не менее The amount of yeast that does not ferment lactose, K.F.U./cm³, not less	1×10^{10}
Объем продукта (см³), в котором не допускается: The volume of the product (cm³) in which it is not allowed:	
– БГКП (коли-формы) BGKP (coliforms)	10
– S. aureus	10
– патогенные микроорганизмы pathogenic microorganisms (в том числе сальмонеллы) (including salmonella)	50
Плесени, к.о.е./см³, не более Mold, K.F.U./cm³, no more	10

Данные, представленные в таблице 2, показывают, что бактериальный концентрат характеризуется высоким титром жизнеспособных клеток мезофильных лактобактерий и дрожжей, не сбраживающих лактозу.

Анализ литературных данных показывает, что как слишком раннее, так и слишком позднее отделение клеток отрицательно сказывается на жизнеспособности микроорганизмов, а также на активности бактериальных концен-

тратов. Большинство исследователей рекомендуют отделять клетки молочнокислых бактерий в конце логарифмической фазы или перед началом стационарной фазы [11].

Использование сухих заквасок позволяет исключить сложные этапы приготовления и поддержания живой закваски, требующие контроля многочисленных параметров и специального оборудования, а также обеспечивает вкус и аромат, свойственные длительному холодному брожению [12].

Нами изучена возможность создания сухой закваски на основе мучного полуфабриката с использованием жидкого концентрата симбиотической закваски, включающий консорциум лактобактерий и дрожжей.

Основные требования, предъявляемые к сухим закваскам – это сохранение в них после сушки большого количества жизнеспособных клеток дрожжей и молочнокислых бактерий, обеспечивающих активное кислотонакопление и хорошую подъемную силу. На следующем этапе были уточнены и выбраны оптимальные технологические параметры подготовки закваски перед сушкой, способствующие интенсивному развитию микрофлоры и максимальному накоплению микробных клеток.

Симбиотическую закваску культивировали на заварке из ржаной муки, затем смешивали с мукой до влажности (28–30)% и доводили кислотность до (35–38)°Н.

Характеристика ржаной закваски представлена в таблице 3.

Важное значение для получения активной сухой закваски имеет способ сушки. Необходимо отметить, что ржаные закваски – сложная биологическая система, состоящая из микробов разных классов: прокариотов и эукариотов; и для каждого вида микроорганизмов необходимо подобрать определенный режим высушивания.

Нами был выбран метод сушки на ИК-установке при температуре (37–40)°С с интенсивным вентилированием. Высушивание проводили до влажности биоматериала 6–8%. Сухую биомассу после сушки измельчали на коллоидной мельнице до порошкообразного состояния.

В дальнейшем исследовали биохимическую активность сухой закваски (таблица 4).

Таблица 3.

Физико-химические и микробиологические показатели закваски перед сушкой

Table 3.

Physico-chemical and microbiological parameters of the starter before drying

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic
Массовая доля влаги, %, не более Mass fraction of moisture, %	28±2
Кислотность, °Н Acidity after fermentation, °N	38±1
Подъемная сила, мин. Lifting force, min	20±2
Количество мезофильных лактобактерий, к.о.е. в 1 см ³ Amount of mesophilic lactobacilli, K.F.U./cm ³	8×10 ¹⁰
Количество дрожжей, не сбраживающих лактозу, к.о.е. в 1 см ³ Amount of not ferment lactose yeast K.F.U./cm ³	4×10 ¹⁰

Таблица 4.

Физико-химические и микробиологические показатели сухой симбиотической закваски

Table 4.

Physico-chemical and microbiological parameters of dry symbiotic starter culture

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic
Массовая доля влаги, %, не более Mass fraction of moisture, %	7±1
Кислотность, °Н Acidity after fermentation, °N	12
Подъемная сила, мин. Lifting force, min	15–18
Количество мезофильных лактобактерий, к.о.е. в 1 см ³ Amount of mesophilic lactobacilli, K.F.U./cm ³	5×10 ⁹
Количество дрожжей, не сбраживающих лактозу, к.о.е. в 1 см ³ Amount of not ferment lactose yeast K.F.U./cm ³	3×10 ⁸

Данные, представленные в таблице 4, свидетельствуют, что сушка на ИК-установке обеспечивает хорошую выживаемость мезофильных лактобактерий и дрожжей. Вероятно, это обусловлено симбиотическими взаимоотношениями мезофильных лактобактерий и дрожжей, что способствует выживаемости последних. Кроме того, высокомолекулярные полисахариды и слизи, содержащиеся в ржаной муке, оказывают защитное действие на микроорганизмы при сушке.

Заключение

Проведенные исследования показали возможность получения активной сухой закваски

на основе использования концентрата симбиотической закваски из мучного полуфабриката, содержащего одновременно дрожжи и молочнокислые бактерии.

Созданы условия для роста мезофильных лактобактерий и дрожжей, не сбраживающих лактозу, характерной для бродильной микрофлоры, используемой в хлебопекарном производстве. Готовый сухая бактериальная закваска из ржаной муки представляет собой сыпучий биопродукт приятного кисломолочного вкуса и запаха, свойственного запаху биологической ржаной закваски, и высокое количество жизнеспособных клеток мезофильных лактобактерий и дрожжей.

Поэтому сухую закваску можно использовать для производства ржаной закваски на производстве, минуя стадию разводочного цикла. Расход концентрата симбиотической закваски на мучном полуфабрикате благодаря ее высокой кислотности составляет 5% к массе муки ржаной закваски.

Использование при производстве ржаного хлеба концентрата симбиотической закваски улучшает его качественные характеристики: вкус, аромат, окраску корки, сроки хранения. Это объясняется стабильным составом и высокой биохимической активностью микрофлоры концентрата.

Литература

- 1 Тихонов И.В., Рубан Е.А., Грязнева Т.Н., Самуйленко А.Я. и др. Биотехнология; под ред. акад. РАСХН Е.С. Воронина. СПб.: ГИОРД, 2005. 792 с.
- 2 Нагызбеккызы Э. и др. Подбор оптимальных параметров культивирования штаммов молочнокислых бактерий, перспективных в качестве стартерных культур при разработке закваски прямого внесения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 7. С. 14–18.
- 3 Волкова Г.С., Куксова Е.В., Серба Е.М. Изучение биологических межштаммовых взаимодействий и ростовых свойств производственных штаммов молочнокислых бактерий // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. 2020. Т. 1. № 1(1). С. 104–109.
- 4 Ковалевская В.С. и др. Изучение биосовместимости и биотехнологических свойств молочнокислых бактерий // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 14. С. 284–288.
- 5 Малкова А.В., Иркитова А.Н., Дудник Д.Е. Биосовместимость штаммов бацилл, перспективных для включения в состав микробного биопрепарата // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова. 2022. Т. 18. № 2. С. 19–24.
- 6 Занданова Т.Н., Гоголева П.А. Подбор питательной среды для получения бактериального концентрата микробного консорциума // Вестник КрасГАУ. 2018. №5 (140).
- 7 Шелубкова Н.С. и др. Оптимизация параметров замеса макаронного теста из композитной муки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. №. 5 (140). С. 232–239.
- 8 De Vuyst L., Van Kerrebroeck S., Leroy F. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation // Adv. Appl. Microbiol. 2017. V. 100. P. 49–160. doi: 10.1016/bs.aambs.2017.02.003
- 9 Акулич А.В., Самуйленко Т.Д. Анализ производственного цикла заварочных отделений хлебопекарных предприятий Республики Беларусь // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. V. 4. P. 128–138. doi: 10.36107/spfr.2019.208
- 10 Бояринева И.В., Хамагаева И.С. Исследование условий культивирования микрофлоры симбиотической закваски для хлебопекарного производства // Вестник ВСГТУ. 2015. № 2. С. 74–80.
- 11 Morgan C.A., Herman N., White P.A., Vesey Morgan G. Preservation of microorganisms by drying // Journal of Microbiological Methods. 2006. V. 66 (2). P.183–193. doi: 10.1016/j.mimet.2006.02.017
- 12 Шилина А.А., Игонина Е.Д. Влияние вида закваски на скорость размножения микроорганизмов и эффективность в производственных условиях // Балтийский морской форум: материалы VIII Международного Балтийского морского форума: в 6 т., Калининград, 05–10 октября 2020 года. Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2020. С. 138–142.
- 13 Bastías D.A., Johnson L.J., Card S.D. Symbiotic bacteria of plant-associated fungi: friends or foes? // Current opinion in plant biology. 2020. V. 56. P. 1–8.
- 14 Rai A.N. CRC Handbook of symbiotic cyanobacteria. CRC Press, 2018.
- 15 Checcucci A. et al. Creation and characterization of a genomically hybrid strain in the nitrogen-fixing symbiotic bacterium *Sinorhizobium meliloti* // ACS Synthetic Biology. 2018. V. 7. №. 10. P. 2365–2378.
- 16 Krishnan M. et al. Insect gut microbiome—An unexploited reserve for biotechnological application // Asian Pacific journal of tropical biomedicine. 2014. V. 4. P. S16–S21. doi: 10.12980/APJTB.4.2014C95
- 17 Bonnet S.I. et al. The tick microbiome: why non-pathogenic microorganisms matter in tick biology and pathogen transmission // Frontiers in cellular and infection microbiology. 2017. V. 7. P. 236. doi: 10.3389/fcimb.2017.00236
- 18 Shi Y.M. et al. Global analysis of biosynthetic gene clusters reveals conserved and unique natural products in entomopathogenic nematode-symbiotic bacteria // Nature Chemistry. 2022. V. 14. №. 6. P. 701–712. doi: 10.1038/s41557-022-00923-2
- 19 Vigneron A., Masson F., Vallier A., Balmand S. et al. Insects recycle endosymbionts when the benefit is over // Current Biology. 2014. V. 24. №. 19. P. 2267–2273. doi: 10.1016/j.cub.2014.07.065
- 20 Calcott M.J., Ackerley D.F., Knight A., Keyzers R.A. et al. Secondary metabolism in the lichen symbiosis // Chemical Society Reviews. 2018. V. 47. №. 5. P. 1730–1760. doi: 10.1039/C7CS00431A

References

- 1 Tikhonov I.V., Ruban E.A., Gryazneva T.N., Samuylenko A.Ya. et al. Biotechnology. St. Petersburg, GIORД, 2005. 792 p. (in Russian).
- 2 Nagyzbekkyzy E. et al. Selection of optimal parameters for cultivation of lactic acid bacteria strains that are promising as starter cultures in the development of direct fermentation. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019. no. 7. pp. 14–18. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12791> (in Russian).

- 3 Volkova G.S., Kuksova E.V., Serba E.M. The study of biological inter-strain interactions and growth properties of industrial strains of lactic acid bacteria. Topical issues of the dairy industry, inter-industry technologies and quality management systems. 2020. vol. 1. no. 1(1). pp. 104–109. (in Russian).
- 4 Kovalevskaya V.S., Molodkina N.R., Timofeenko T.I. Study of biocompatibility and biotechnological properties of lactic acid bacteria. Scientific Works of the Kuban State Technological University. 2016. no. 14. pp. 284–288. (in Russian).
- 5 Malkova A.V., Irkitova A.N., Dudnik D.E. Biocompatibility of bacilli strains that are promising for inclusion in the composition of a microbial biological product. Bulletin of biotechnology and physico-chemical biology named after Yu.A. Ovchinnikov. 2022. vol. 18. no. 2. pp. 19–24. (in Russian).
- 6 Zandanova T.N., Gogoleva P.A. Selection of a nutrient medium for obtaining a bacterial concentrate of a microbial consortium. Vestnik KrasGAU. 2018. no. 5 (140). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/podbor-pitatelnoy-sredy-dlya-polucheniya-bakterialnogo-kontsentrata-mikrobnogo-konsortsiума> (in Russian).
- 7 Shelubkova N.S. et al. Optimization of the parameters of kneading pasta dough from composite flour. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2018. no. 5 (140). pp. 232–239. (in Russian).
- 8 De Vuyst L., Van Kerrebroeck S., Leroy F. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation. Adv. Appl. Microbiol. 2017. vol. 100. pp. 49–160. doi: 10.1016/bs.aambs.2017.02.003
- 9 Akulich A.V., Samuylenko T.D. Analysis of the production cycle of brewing departments of bakery enterprises of the Republic of Belarus. Storage and processing of agricultural raw materials. 2020. vol. 4. pp. 128–138. doi:10.36107/spfp.2019.208 (in Russian).
- 10 Boyarinaeva I.V., Khamagaeva I.S. Investigation of the conditions of cultivation of the microflora of symbiotic sourdough for bakery production. Vestnik VSGTU. 2015. no. 2. pp. 74–80. (in Russian).
- 11 Morgan C.A., Herman N., White P.A., Vesey Morgan G. Preservation of microorganisms by drying. Journal of Microbiological Methods. 2006. vol. 66 (2). pp.183–193. doi: 10.1016/j.mimet.2006.02.017
- 12 Shilina A.A., Igonina E.D. Influence of the type of starter culture on the rate of reproduction of microorganisms and efficiency under production conditions. Baltic Sea Forum: materials of the VIII International Baltic Sea Forum: in 6 volumes, Kaliningrad, October 05–10, 2020. Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University, 2020. pp. 138–142. (in Russian).
- 13 Bastías D.A., Johnson L.J., Card S.D. Symbiotic bacteria of plant-associated fungi: friends or foes? // Current opinion in plant biology. 2020. vol. 56. pp. 1–8.
- 14 Rai A.N. CRC Handbook of symbiotic cyanobacteria. CRC Press, 2018.
- 15 Checcucci A. et al. Creation and characterization of a genomically hybrid strain in the nitrogen-fixing symbiotic bacterium *Sinorhizobium meliloti*. ACS Synthetic Biology. 2018. vol. 7. no. 10. pp. 2365–2378.
- 16 Krishnan M. et al. Insect gut microbiome—An unexploited reserve for biotechnological application. Asian Pacific journal of tropical biomedicine. 2014. vol. 4. pp. S16–S21. doi: 10.12980/APJTB.4.2014C95
- 17 Bonnet S.I. et al. The tick microbiome: why non-pathogenic microorganisms matter in tick biology and pathogen transmission. Frontiers in cellular and infection microbiology. 2017. vol. 7. pp. 236. doi: 10.3389/fcimb.2017.00236
- 18 Shi Y.M., Hirschmann M., Shi Y.N., Ahmed S. et al. Global analysis of biosynthetic gene clusters reveals conserved and unique natural products in entomopathogenic nematode-symbiotic bacteria. Nature Chemistry. 2022. vol. 14. no. 6. pp. 701–712. doi: 10.1038/s41557-022-00923-2
- 19 Vigneron A., Masson F., Vallier A., Balmand S. et al. Insects recycle endosymbionts when the benefit is over. Current Biology. 2014. vol. 24. no. 19. pp. 2267–2273. doi: 10.1016/j.cub.2014.07.065
- 20 Calcott M.J., Ackerley D.F., Knight A., Keyzers R.A. et al. Secondary metabolism in the lichen symbiosis. Chemical Society Reviews. 2018. vol. 47. no. 5. pp. 1730–1760. doi: 10.1039/C7CS00431A

Сведения об авторах

Ирина В. Бояринаева д.т.н., профессор, базовая кафедра «Биоэкономики и продовольственной безопасности», Дальневосточный федеральный университет, п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край, 690922, Россия, boyarinaevaiv@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4791-884X>

Ирина С. Хамагаева д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, ул. Ключевская, 40 в, г. Улан-Удэ, 670013, Россия, ikhamagaeva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4294-5857>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Irina V. Boyarinaeva Dr. Sci. (Engin.), professor, bioeconomics and food security department, Far Eastern Federal University, Ajax, 10, Russian Island, Vladivostok, 690922, Russia, boyarinaevaiv@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4791-884X>

Irina S. Khamagaeva Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of animal products department, East Siberian State Technological University of Technology and Management, Klyuchevskaya str., 40 v, Ulan-Ude, 670013, Russia, ikhamagaeva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4294-5857>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 25/10/2022

После редакции 14/11/2022

Принята в печать 01/12/2022

Received 25/10/2022

Accepted in revised 14/11/2022

Accepted 01/12/2022