

Биохимический и пищевой инжиниринг Biochemical and food engineering

Научная статья

УДК 637.1

DOI: 10.14529/food240406

СОЗДАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОЙ ЗАКВАСКИ И ИЗУЧЕНИЕ ЕЕ БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

И.В. Бояринева¹, boyarineva.iv@dvfu.ru

И.С. Хамагаева², ikhamagaeva@mail.ru

Е.Д. Ковалева¹, kovaleva.ed@dvfu.ru

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

² Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

Аннотация. С целью расширения ассортимента функциональных кисломолочных биопродуктов применяют различные микробные монокультуры и их симбиотические комбинации. Как известно, пропионовокислые бактерии обладают высокими биохимическими и биотехнологическими свойствами, и разработка на их основе новых биопродуктов является актуальным и перспективным направлением. Целью работы является создание производственной симбиотической закваски на основе пропионовокислых бактерий штамма *Propionibacterium freudenreichii* Ш-85 и кефирной грибковой закваски. Кефирные грибки – прочное симбиотическое образование, которое концентрирует в себе разнообразные таксономические группы микроорганизмов. Доказано симбиотическое сосуществование микрофлоры кефирной грибковой закваски и пропионовокислых бактерий. На основе этого факта, и учитывая физиолого-биохимические свойства микроорганизмов кефирной закваски и пропионовокислых бактерий, разработана гипотетическая схема взаимодействия микроорганизмов в симбиотической закваске. Лактат, образующийся в процессе молочнокислого брожения, используется пропионовокислыми бактериями в качестве источника питания. Пропионовые бактерии усиливают полезность среды, обогащая ее продуктами метаболизма, в частности, витаминами группы В, и микрофлора кефирной грибковой закваски использует для своего развития данные факторы роста. Определена доза вносимой лабораторной закваски в зависимости от ее активности и продолжительности сквашивания для получения производственной симбиотической закваски – 5 %, количество жизнеспособных клеток пропионовокислых бактерий при этом составляет 10^9 к.о.е./см³. Дано описание схемы приготовления симбиотической производственной закваски. Изучены биохимические свойства лабораторных и производственной симбиотических заквасок. Установлен уровень биохимического синтеза витамина В₁₂ в симбиотических заквасках. Проведены исследования, подтверждающие длительные сроки хранения симбиотической производственной закваски. Таким образом, разработана производственная симбиотическая закваска на основе кефирной грибковой закваски и пропионовокислых бактерий с высокой биохимической активностью, которая может быть применена для производства нового кисломолочного биопродукта.

Ключевые слова: пропионовокислые бактерии, кефирная грибковая закваска, симбиотическая закваска, кефир

Благодарности. Работа выполнена в рамках соглашения с Минобрнауки России № 075-15-2022-1143 от 7 июля 2022 г.

Для цитирования: Бояринева И.В., Хамагаева И.С., Ковалева Е.Д. Создание симбиотической закваски и изучение ее биохимических свойств // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2024. Т. 12, № 4. С. 52–61. DOI: 10.14529/food240406

Original article
DOI: 10.14529/food240406

CREATION OF A SYMBIOTIC STARTER CULTURE AND STUDY OF ITS BIOCHEMICAL PROPERTIES

I.V. Boyarinea¹, boyarinea.iv@dvfu.ru

I.S. Khamagaeva², ikhamagaeva@mail.ru

E.D. Kovaleva¹, kovaleva.ed@dvfu.ru

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

² East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Abstract. In order to expand the range of functional fermented dairy bioproducts, various microbial monocultures and their symbiotic combinations are used. The aim of the work is to create a production symbiotic starter culture based on propionic acid bacteria of the *Propionibacterium freudenreichii* Sh-85 strain and kefir fungal starter culture. The symbiotic coexistence of the microflora of kefir fungal starter culture and propionic acid bacteria has been proven. A hypothetical scheme of interaction of microorganisms in a symbiotic starter culture has been developed. Lactate formed during lactic acid fermentation is used by propionic acid bacteria as a food source. Propionic bacteria enhance the usefulness of the medium by enriching it with metabolic products, in particular, B vitamins, and the microflora of kefir fungal starter culture uses these growth factors for its development. The dose of the applied laboratory starter culture for the production of a symbiotic starter culture was determined to be 5 %, the number of viable cells of propionic acid bacteria at the same time is 10^9 к.о.е./см³. The description of the scheme of preparation of a symbiotic industrial starter culture is given. The biochemical properties of laboratory and industrial symbiotic starter cultures have been studied. The level of biochemical synthesis of vitamin B₁₂ in symbiotic starter cultures has been established. Studies have been conducted confirming the long shelf life of the symbiotic production starter culture. Thus, a production symbiotic starter culture based on kefir fungal starter culture and propionic acid bacteria with high biochemical activity has been developed, which can be used for the production of a new fermented dairy bioproduct.

Keywords: propionic acid bacteria, kefir fungal starter culture, symbiotic starter culture, kefir

Acknowledgments. The work was performed within the framework of the agreement with the Ministry of Education and Science of Russia № 075-15-2022-1143 dated 7 July 2022.

For citation: Boyarinea I.V., Khamagaeva I.S., Kovaleva E.D. Creation of a symbiotic starter culture and study of its biochemical properties. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2024, vol. 12, no. 4, pp. 52–61. (In Russ.) DOI: 10.14529/food240406

Введение

В поисках инновационного и пробиотического заквасочного продукта в настоящее время используют заквасочные микроорганизмы, обладающие активным биохимическим и пробиотическим потенциалом [1, 2]. Сочетание нескольких штаммов заквасочных культур открывает потенциал для реализации производственно-ценных свойств, что делает их привлекательными для разработки высококачественных и полезных продуктов [3].

Молочнокислые бактерии являются постоянными обитателями желудочно-кишечного тракта и способны успешно конкурировать с гнилостными бактериями, обитающими в ки-

шечнике, часто устойчивыми к антибиотикам [4–6]. Молочнокислые бактерии широко распространены в природе и способны ферментировать пищевые продукты, потребляя содержащиеся в них питательные вещества и производя целый ряд веществ, включая органические кислоты, ароматические соединения и полезные микроэлементы [7–9]. Лактобациллы являются одними из наиболее изученных бактерий микробиома человека. Эти преимущества регулируют состав резистентной микробиоты и устраняют дисбиотическое состояние [5].

Лактобактерии исключительно полезны для здоровья человека. Сначала они обезвреживают ксенобиотики, синтезируя ферменты,

которые катализируют их расщепление [2, 10]. Лактобактерии производят витамины группы В, которые играют важное значение для здоровья человека и укрепления иммунной системы [11, 12].

Часто обращают внимание на пропионовоокислые бактерии и на определенные штаммы молочнокислых бактерий. Эти штаммы имеют многообещающие характеристики и были тщательно изучены на предмет их пробиотических и биохимических свойств [13].

Кефирные грибки – прочная симбиотическая ассоциация микроорганизмов различных таксономических групп: дрожжей, молочнокислых и уксуснокислых бактерий.

Цель работы – создание производственной симбиотической закваски на основе пропионовоокислых бактерий и кефирной грибковой закваски и изучение ее биохимических свойств.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились на базе малого инновационного предприятия ООО «МИП Бифивит» Института пищевой инженерии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления».

Объектами исследований в эксперименте служили пропионовоокислые бактерии (ПКБ) *Propionibacterium freundenreichii* subsp. *shermanii* AC-2503, *Propionibacterium freundenreichii* SH-85, полученные из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов ФГУП ГосНИИ «Генетика», активизированные биотехническим методом, разработанным в ВСГУТУ; кефирная грибковая закваска ОСТ 10-02-02-48.

Количественный учёт пропионовоокислых бактерий в заквасках и продукте определяли методом предельных разведений на среде ГМС или ГМК-1 по ТУ 10-02-02-789-192-95 «Гидролизатно-молочная среда для количественного учета бифидобактерий и пропионовоокислых бактерий». Идентификацию культур при совместном культивировании – методом угнетения пропионовоокислых бактерий антибиотиком (тетрациклином). Количественный учёт молочнокислых бактерий определяли методом предельных разведений по ГОСТ 10444.11-89.

Витамин В₁₂ в заквасках определяли спектрофотометрическим методом.

Результаты и их обсуждение

Изучение метаболических и структурных взаимодействий дрожжей и бактерий в ке-

фирных грибкаx показало, что в кефирных зернаx основным продуцентом микробной структуры могут быть молочнокислые бактерии, относящиеся к физиологической группе, активно использующие лактозу для молочнокислого брожения. Микроорганизмы, относящиеся к другой таксономической группе, используют продукты метаболизма лактозы (глюкозу и галактозу) и могут находиться между собой либо в отношениях пассивного антагонизма, либо кооперации. Изучая молочнокислое брожение в динамике развития культур в кефирном грибке, было установлено, что химические превращения в среде изменяются по ходу развития [14].

Взаимоотношение между дрожжами и молочнокислыми бактериями занимает центральное место в широком спектре ферментированных продуктов, в частности, в кефире [15]. Обе группы микроорганизмов естественным образом поддерживают друг друга различными способами [16]. В зависимости от среды и условий культивирования микробиота кефирных зерен и кефирной закваски обладает уникальной способностью к саморегуляции. Симбиоз микроорганизмов в кефирных зернаx обеспечивает сохранение на длительный период качества кефира и микробного профиля кефирных зерен, лишь с незначительными изменениями соотношений основных групп микроорганизмов. Микробный состав кефира может отличаться от микробного состава кефирных зерен по причине различий в условиях pH, продолжительности культивирования и местом нахождения микроорганизмов в зернаx [16].

Известно, что *Propionibacterium freundenreichii* SH-85 стимулируют рост микроорганизмов кефирной грибковой закваски. Вероятно, в процессе своего роста пропионовоокислые бактерии насыщают среду метабиотическими компонентами, которые активизируют развитие микроорганизмов кефирной грибковой закваски. Доказан активный рост пропионовоокислых бактерий в микробном консорциуме кефирной грибковой закваски, что свидетельствует о симбиотической совместимости микроорганизмов [14].

Анализ результатов исследований позволил создать предполагаемую модель симбиотического взаимодействия пропионовоокислых бактерий с молочнокислой микрофлорой кефирной грибковой закваски (рис. 1).

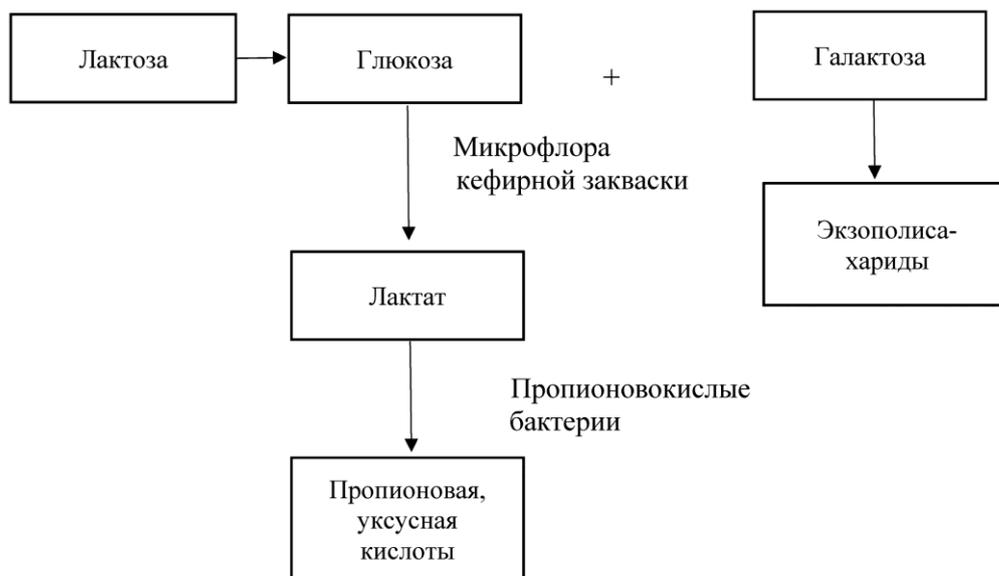


Рис. 1. Гипотетическая схема симбиоза пропионовокислых бактерий и микрофлоры кефирной грибковой закваски

Основополагающим принципом разработки искусственных микробных комбинаций является неконкуренция микроорганизмов за потребляемые источники энергии, питательные и ростовые факторы. Симбиотическое взаимодействие пропионовокислых культур и молочнокислой микрофлоры реализуется за счет трофических связей «вертикального» энергетического типа (рис. 1). В гипотетическую схему трофической цепи входят микрофлора кефирной грибковой закваски, синтезирующая лактат, и пропионовокислые бактерии, использующие этот продукт метаболизма для своего роста.

Лактат – как продукт микробного метаболизма, образующийся из усвояемого углерода глюкозы, является источником питания для пропионовокислых бактерий, что свидетельствует об энергетических механизмах формирования микробных симбиозов. Из литературных данных известно, что гексозы являются высокоэнергетическими субстратами. Свободная энергия Гиббса у них составляет 2871–2878 кДж/моль.

Метаболиты (лактат и пропионат), образующиеся из гексоз, имеют меньший энергетический резерв, равный в среднем 1255 кДж/моль. Тем не менее, они способны поддерживать неконкурентный способ существования.

Важно подчеркнуть, что кооперация пропионовокислых бактерий и микрофлоры ке-

фирной грибковой закваски – это не простое сосуществование, а прочные и устойчивые симбиотические отношения, которые базируются на фундаментальных законах функционирования живой клетки.

Результаты проведенных исследований показали возможность совместного использования кефирной грибковой закваски и штамма *Propionibacterium freudenreichii* Ш-85. Комбинированная закваска характеризуется высоким содержанием жизнеспособных клеток пропионовокислых бактерий и эффектом витаминного синтеза.

Известный факт, что подготовка производственной закваски включает этап определения количества вносимой лабораторной закваски в зависимости от ее активности и продолжительности сквашивания. Была выбрана доза вносимой в молоко лабораторной закваски для получения производственной (рис. 2, 3). Из данных рис. 2 видно, что увеличение дозы лабораторной закваски до 5 % приводит к сокращению технологического цикла получения производственной закваски порядка на 2,5 часа. При этом наблюдается высокий титр жизнеспособных клеток пропионовых бактерий: при массовой доле лабораторной закваски 3 % – 6×10^9 к.о.е./см³, при массовой доле закваски 5 % – 9×10^9 к.о.е./см³ (см. рис. 3). Необходимо отметить, что при дальнейшем повышении массовой доли лабораторной закваски до 7 % нет заметного эффекта увеличения активности закваски и роста культур.

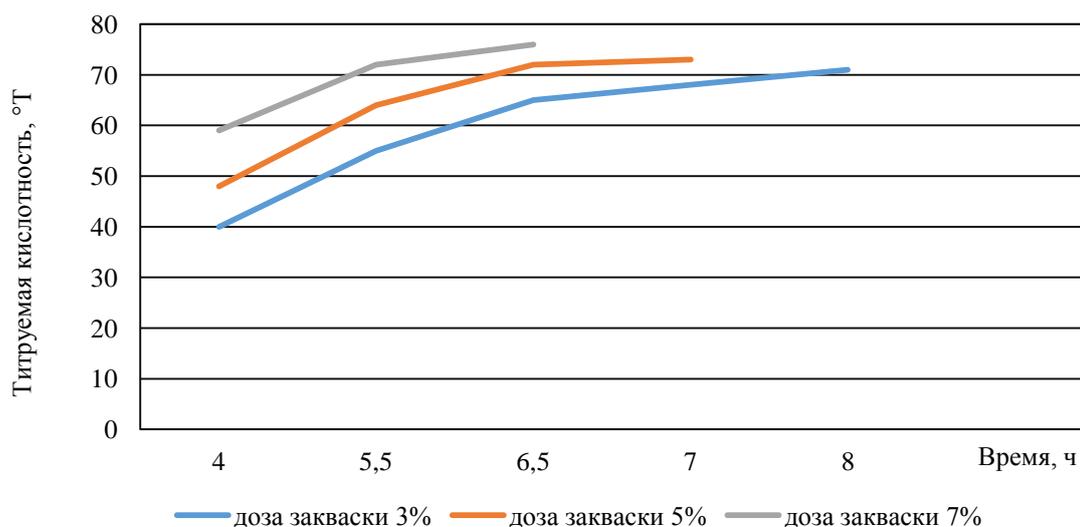


Рис. 2. Влияние дозы лабораторной закваски на продолжительность ферментации и рост показателя кислотности

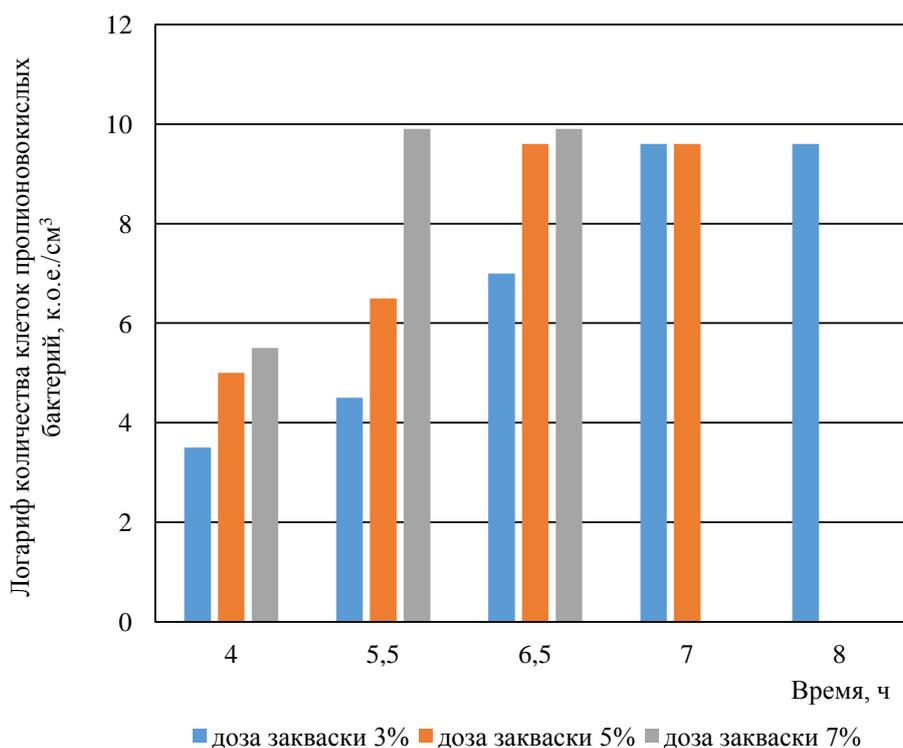


Рис. 3. Влияние массовой доли закваски на биохимическую активность пропионовокислых бактерий

Таким образом, нами установлено, что для приготовления производственной симбиотической закваски оптимальная массовая доля внесения лабораторной закваски составляет 5 %, количество жизнеспособных клеток пропионовокислых бактерий при этом составляет 10^9 к.о.е./см³.

В дальнейшем была разработана технологическая схема приготовления производственной симбиотической закваски с использованием микробного консорциума, состоящего из кефирной грибковой закваски и штамма пропионовокислых бактерий *Propionibac-*

terium freudenreichii Ш-85 в сочетании 1:1 (рис. 4).

Кефирную грибковую закваску готовят на пастеризованном при температуре $(92 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 20–25 минут молоке. Для изготовления закваски пропионовокислых бактерий используют обезжиренное молоко, стерилизованное при температуре $(120 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 10–15 минут и охлажденное до температуры $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$. Далее составляется комбинация готовых заквасок 1:1.

Для приготовления лабораторной пересадочной и производственной заквасок используют обезжиренное молоко. Подготовка обезжиренного молока включает стерилизацию при температуре $(120 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 10–15 минут, охлаждение до температуры сквашивания $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$. В подготовленное молоко вносят 1–2 % комбинированной закваски для приготовления пересадочной лабораторной. Температура ферментации 30°C была принята с учетом прогрессивного развития пропионовокислых бактерий в консорциуме грибковой закваски.

Производственную закваску готовили пу-

тем внесения в обезжиренное пастеризованное молоко 5 % лабораторной закваски. Качество лабораторной и производственной заквасок оценивали по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям (табл. 1).

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что лабораторные и производственная симбиотические закваски характеризуются отличными органолептическими характеристиками, обладают умеренной кислотностью, высоким содержанием жизнеспособных клеток пропионовокислых бактерий, что позволяет рекомендовать их для использования при производстве кисломолочного биопродукта.

Способность пропионовокислых бактерий синтезировать гемсодержащий витамин B_{12} предусматривает проведение исследований в этом направлении. В табличных данных отражено, что при каждой пересадке содержание витамина B_{12} снижается. Вероятно, молочнокислые микроорганизмы грибковой закваски используют витамины в качестве ростового фактора.



Рис. 4. Технологическая схема получения производственной симбиотической закваски

Таблица 1

Параметры качества заквасок

Показатели	Параметры и значение		
	первичной лабораторной закваски	пересадочной лабораторной закваски	производственной закваски
Консистенция	Однородная, нежная	Гомогенная	Однородная, сметанообразная
Вкус и запах	Чистый, с кисломолочным привкусом, специфическим для данного продукта, без посторонних запахов и привкусов	Чистый, кисломолочный, без посторонних запахов и привкусов	Кисломолочный, мягкий, освежающий
Цвет	Молочно-белый	Молочно-белый	Молочно-белый
Титруемая кислотность, °Т	72 ± 1	72 ± 1	72 ± 2
Активная ферментация, ч	7–8	6,5–7	6–6,5
Количество жизнеспособных клеток пропионовокислых бактерий, к.о.е./см ³	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹
Количество молочнокислых микроорганизмов, к.о.е./см ³	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹
Дрожжи, к.о.е./см ³ (г), не менее	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴
БГКП, в 10 см ³	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
Содержание летучих жирных кислот, мл 0,1 н	1,0	1,2	1,4
Наличие СО ₂ , мм	10	12	15
Наличие диацетила и ацетона	+	+	+
Содержание витамина В ₁₂ , мкг/л	57,64	48,04	40,85

Таблица 2

Изучение сроков хранения микробного консорциума

Показатели	Продолжительность хранения, сут								
	3	7	11	15	19	23	27	30	35
Титруемая кислотность, °Т	74	75	75	76	77	80	82	84	90
Активная кислотность, рН	4,73	4,68	4,68	4,66	4,65	4,63	4,60	4,58	4,53
Содержание клеток пропионовокислых бактерий, к.о.е./см ³	6×10 ⁹	6×10 ⁹	5×10 ⁹	5×10 ⁹	4×10 ⁹	4×10 ⁹	3×10 ⁹	2×10 ⁹	9×10 ⁸
Содержание клеток молочнокислых бактерий, к.о.е./см ³	5×10 ⁹	5×10 ⁹	4×10 ⁹	4×10 ⁹	3×10 ⁹	3×10 ⁹	2×10 ⁹	1×10 ⁹	8×10 ⁸

В дальнейшем, были изучены сроки хранения симбиотической закваски на основе микробного консорциума. Исследования проводились при температуре $(6 \pm 2)^\circ\text{C}$ (табл. 2).

Результаты исследований показали, что новый микробный консорциум выдерживает сроки хранения в течение 30 суток. Прирост кислотности за этот период составил 10°T . При этом количество жизнеспособных клеток пропионовокислых бактерий оставалось на достаточно высоком уровне и составило 2×10^9 к.о.е./см³, а молочнокислых – 1×10^9 к.о.е./см³. Дальнейшее хранение приводит к уменьшению клеток на порядок, количество жизнеспособных микробных клеток на 35-е сутки хранения составляет пропионовокислых бактерий 9×10^8 к.о.е./см³ и молочнокислых микроорганизмов 8×10^8 к.о.е./см³.

Таким образом, выбран оптимальный срок

хранения симбиотической закваски – 30 суток, обеспечивающий в консорциуме высокое число жизнеспособных микробных клеток.

Заключение

В заключение необходимо отметить, что стабильная реализация представленной трофической микробной сети во многом зависит от условий культивирования, правильно подобранной дозы внесенной лабораторной закваски и количественном соотношении культур. Устойчивая симбиотическая кооперация микрофлоры кефирной закваски и пропионовокислых бактерий – это результат слаженного биохимического процесса внутри сложного микробного консорциума. Представленные данные позволяют получить симбиотическую закваску с хорошими органолептическими свойствами и высоким уровнем биохимической активности.

Список литературы

1. Hossain M.A., Hoque M.M., Ahmed M.M., Ahmed T. Probiotic yoghurt-like fermented milk product enriched with *Lactobacillus desidiosus* and *Lactobacillus fermentum*: proximate composition, physicochemical // *Discover Food*. 2024. V. 4 (24).
2. Gizachew S., Van Beeck W., Spacova I. et al. Antibacterial and Immunostimulatory Activity of Potential Probiotic Lactic Acid Bacteria Isolated from Ethiopian Fermented Dairy Products // *Fermentation*. 2023. 9, 258. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030258>.
3. Bartlett A., Padfield D., Lear L. et al. A comprehensive list of bacterial pathogens infecting humans // *Microbiology*. 2022;168:001269. DOI: 10.1099/mic.0.001269
4. Hamdaoui N., Azghar A., Benkirane C. et al. Probiotic properties and antibiotic susceptibility assessment of *Streptococcus thermophilus* isolates // *Posted Date: May 16th, 2023*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2917183/v1>.
5. Волкова Г.С. Создание ассоциаций пробиотиков для пищевых продуктов и кормов // *Вестник ВГУИТ*. 2024. Т. 86, № 1. С. 103–107. DOI: 10.20914/2310-1202-2024-1-103-107.
6. Градова Н.Б., Хохлачева А.А., Мурзина Е.Д., Мясоедова В.В. Микробные компоненты кефирных грибов, как продуценты экзополисахарида кефирана // *Биотехнология*. 2014. № 6. С. 18–26.
7. Cyril Arinze E., Goodluck Chigozie O., Janet Ginikachi O. et al. Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from traditionally fermented food against food pathogen // *GSC Advanced Research and Reviews*. 2023. 15(02). P. 020–031.
8. Стоянова Л.Г. Выделение и идентификация молочнокислых бактерий *Lactococcus lactis subsp. lactis* с антимикробным действием // *Известия ТСХА*. 2017. № 5. С. 41–61.
9. O'Shea E.F., Cotter P.D. Stanton C. et al. Production of bioactive substances by intestinal bacteria as a basis for explaining probiotic mechanisms: Bacteriocins and conjugated linoleic acid // *International Journal of Food Microbiology*. 2011. 152(3): 189–205.
10. Koppel N., Rekdal M., Balskus E.P. Chemical transformation of xenobiotics by the human gut microbiota // *Science*. 2017. 356: eaag2770. DOI: 10.1126/science.aag2770.
11. Barciela P., Perez-Vazquez A., Prieto M.A. Azo dyes in the food industry: features, classification, toxicity, alternatives, and regulation // *Food Chem. Toxicol.* 2023. 178: 113935. DOI: 10.1016/j.fct.2023.113935.
12. LeBlanc J., Laiño J., del Valle M. et al. B-group vitamin production by lactic acid bacteria-current knowledge and potential applications // *J. Appl. Microbiol.* 2011. 111: 1297–1309. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05157.x>.

13. Kanmani P., Albarracin L., Kobayashi H. et al. Exopolysaccharides from *Lactobacillus delbrueckii* OLL1073R-1 modulate innate antiviral immune response in porcine intestinal epithelial cells // *Mol. Immunol.* 2017. 93: 253–265. DOI: 10.1016/j.molimm.2017.07.009.

14. Бояринаева И.В., Хамагаева И.С., Степочкина В.Д., Бобченко В.И. Изучение биохимического потенциала микробных консорциумов // *Ползуновский вестник.* 2023. № 1. С. 7–14. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.001.

15. Дин Фань, Стоянова Л.Г., Нетрусова А.И. Микробиом и метабиотические свойства кефирных зерен и кефиров на их основе // *Микробиология.* 2022. Т. 91, № 4, С. 391–409.

16. Nakano Y. Lactic acid bacteria from kefir increase cytotoxicity of natural killer cells to tumor cells // *Foods.* 2018. V. 7. P. 48.

References

1. Hossain M.A., Hoque M.M., Ahmed M.M., Ahmed T. Probiotic yoghurt-like fermented milk product enriched with *Lactobacillus desidiosus* and *Lactobacillus fermentum*: proximate composition, physicochemical. *Discover Food*, 2024, vol. 4 (24).

2. Gizachew, S. Van Beeck, W.; Spacova, I.; Dekeukeleire, M.; Alemu, A.; Woldemedhin, W.M.; Mariam, S.H.; Lebeer, S.; Engidawork, E. Antibacterial and Immunostimulatory Activity of Potential Probiotic Lactic Acid Bacteria Isolated from Ethiopian Fermented Dairy Products. *Fermentation*, 2023, 9, 258. <https://doi.org/10.3390/fermentation9030258>.

3. Bartlett A., Padfield D., Lear L., Bendall R., Vos M. A comprehensive list of bacterial pathogens infecting humans. *Microbiology*, 2022;168:001269. DOI: 10.1099/mic.0.001269.

4. Hamdaoui N., Azghar A., Benkirane C., Bouaamali H., Mohamed M., Ou-yahia D., El Guerrouj B. Probiotic properties and antibiotic susceptibility assessment of *Streptococcus thermophilus* isolates. *Posted Date:* May 16th, 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2917183/v1>.

5. Volkova G.S. Creation of associations of probiotics for food and feed. *Vestnik VGUIT*, 2024, vol. 86, no. 1, pp. 103–107. (In Russ.) DOI: 10.20914/2310-1202-2024-1-103-107.

6. Gradova N.B., Khokhlacheva A.A., Murzina E.D., Myasoedova V.V. Microbial components of kefir fungi as a producer of kefiran exopolysaccharide. *Biotechnology*, 2014, no. 6, pp. 18–26. (In Russ.)

7. Cyril Arinze E., Goodluck Chigozie O., Janet Ginikachi O., Ibukun A., Ojinika Dabeluchukwu O., Chidinma J., Nancy O., Joseph O., Prince Chiugo C., Onwuka Orji N. Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from traditionally fermented food against food pathogen. *GSC Advanced Research and Reviews*, 2023, 15(02), pp. 020–031.

8. Stoyanova L.G. Isolation and identification of lactic acid bacteria *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* with antimicrobial action. *Izvestiya TSKHA*, 2017, no. 5, pp. 41–61. (In Russ.)

9. O'Shea E.F., Cotter P.D. Stanton C., Ross, R.P. and Hill C. Production of bioactive substances by intestinal bacteria as a basis for explaining probiotic mechanisms: Bacteriocins and conjugated linoleic acid. *International Journal of Food Microbiology*, 2011, 152(3): 189–205.

10. Koppel N., Rekdal M., Balskus E.P. Chemical transformation of xenobiotics by the human gut microbiota. *Science*, 2017, 356: eaag2770. DOI: 10.1126/science.aag2770.

11. Barciela P., Perez-Vazquez A., Prieto M.A. Azo dyes in the food industry: features, classification, toxicity, alternatives, and regulation. *Food Chem. Toxicol.*, 2023, 178: 113935. DOI: 10.1016/j.fct.2023.113935.

12. LeBlanc J., Laiño J., del Valle M., Vannini V., van Sinderen D., Taranto M., de Valdez C., de Giori G., Sesma F. B-group vitamin production by lactic acid bacteria-current knowledge and potential applications. *J. Appl. Microbiol.*, 2011, 111: 1297–1309. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05157.x>.

13. Kanmani P., Albarracin L., Kobayashi H., Iida H., Komatsu R., Humayun K., Ikeda-Ohtsubo W., Suda Y., Aso H., Makino S., Kano H., Saito T., Villena J., Kitazawa H. Exopolysaccharides from *Lactobacillus delbrueckii* OLL1073R-1 modulate innate antiviral immune response in porcine intestinal epithelial cells. *Mol. Immunol.*, 2017, 93: 253–265. DOI: 10.1016/j.molimm.2017.07.009.

14. Boyarineva I.V., Khamagaeva I.S., Steepochkina V.D., Bobchenko V.I. Studying the biochemical potential of microbial consortia. *Polzunovskiy Vestnik*, 2023, no. 1, pp. 7–14. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.001. (In Russ.)

15. Ding Fan, Stoyanova L.G., Netrusova A.I. Microbiome and metabolic properties of kefir grains and kefirs based on them. *Microbiology*, 2022, vol. 91, no. 4, pp. 391–409. (In Russ.)

16. Nakano Y. Lactic acid bacteria from kefir increase cytotoxicity of natural killer cells to tumor cells. *Foods*, 2018, vol. 7, pp. 48.

Информация об авторах

Бояринева Ирина Валерьевна, доктор технических наук, профессор базовой кафедры «Биоэкономики и продовольственной безопасности» Инновационного технологического центра Передовой инженерной школы «Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия; boyarineva.iv@dvfu.ru

Хамагаева Ирина Сергеевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология продуктов животного происхождения», Институт пищевой инженерии и биотехнологии, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия; ikhamagaeva@mail.ru.

Ковалева Елизавета Дмитриевна, аспирант базовой кафедры «Пищевой и клеточной инженерии» Передовой инженерной школы «Института биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия; kovaleva.ed@dvfu.ru

Information about the authors

Irina V. Boyarineva, Doctor of Technical Sciences, professor of the “Basic Department of Bioeconomics and Food Security” of the Innovative Technological Center of the Advanced Engineering School of the “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia; boyarineva.iv@dvfu.ru

Irina S. Khamagaeva, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of “Technology of Animal Products”, Institute of Food Engineering and Biotechnology, East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia; ikhamagaeva@mail.ru

Elizaveta D. Kovaleva, post-graduate student of the Basic Department of “Food and Cellular Engineering” of the Innovative Technological Center of the Advanced Engineering School of the “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia; kovaleva.ed@dvfu.ru

Статья поступила в редакцию 14.08.2024

The article was submitted 14.08.2024