

УДК: 579.66

DOI: 10.46548/21vek-2022-1159-0019

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБНОСТИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ К ФЕРМЕНТАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ МОЛОКА

© Автор(ы) 2022

SPIN: 4510-4135

AuthorID: 1137817

ORCID: 0000-0002-3044-3529

СЕРАЗЕТДИНОВА Юлия Ренатовна, магистрант кафедры бионанотехнологии

Кемеровский государственный университет

(650000, Россия, Кемерово, Красная 6, e-mail: serazetdinova2000@mail.ru)

SPIN: 5194-7508

AuthorID: 1137837

ORCID: 0000-0003-3988-8521

ФРОЛОВА Анна Сергеевна, магистрант кафедры бионанотехнологии

Кемеровский государственный университет

(650000, Россия, Кемерово, Красная 6, e-mail: flyflyflyflyfly.af@mail.ru)

SPIN: 8227-2844

AuthorID: 542534

ORCID: 0000-0002-3536-562X

ResearcherID: E-2147-2015

ScopusID: 6603279179

МИЛЕНТЬЕВА Ирина Сергеевна, доктор технических наук, доцент кафедры бионанотехнологии

Кемеровский государственный университет

(650000, Россия, Кемерово, Красная 6, e-mail: irazumnikova@mail.ru)

ORCID: 0000-0003-3485-9123

ResearcherID: AAF-8938-2021

ScopusID: 57041280000

МИНИНА Варвара Ивановна, доктор биологических наук, профессор,

заведующий кафедрой генетики и фундаментальной медицины

Кемеровский государственный университет

(650000, Россия, Кемерово, Красная 6, e-mail: vminina@mail.ru)

Аннотация. В работе изучают способность молочнокислых микроорганизмов к ферментации растительных аналогов молока. Производство таких продуктов актуально для пищевой промышленности, за счет улучшения органолептических и функциональных свойств. Основными потребителями продукта выступают люди, исключаяющие из рациона молочные продукты по медицинским предписаниям (пищевые аллергии, непереносимость лактозы, фенилкетонурия), личным вкусовым предпочтениям и другим причинам. Растительные альтернативы могут выступать заменой традиционным продуктам животного происхождения. В тоже время растительные субстраты являются стрессовой средой для молочнокислых бактерий, а особенности роста и развития пробиотических культур на такой среде малоизучены. Цель работы – изучение способности отечественных заквасочных культур к ферментации растительных аналогов молока (на примере соевого), а также изучение влияния ферментации на морфологию заквасочных культур. Объектами исследования являлись закваски: *Vivo* кефир, закваска для приготовления простокваши Мечниковской и йогурта, закваска для ацидофилина с пробиотическими свойствами, закваска прямого внесения «Бифивит». В статье описан опыт зарубежных исследователей в сфере ферментации растительных альтернатив. Также представлены результаты исследования интенсивности кислотообразования отечественных заквасочных культур, при ферментации на соевом молоке, их способность образовывать устойчивый сгусток. Описано влияние ферментации на морфологические свойства культур. Установлена способность некоторых культур молочнокислых микроорганизмов осуществлять ферментацию соевого субстрата с образованием плотного сгустка и титруемой кислотностью не менее 60 °Т. При этом наиболее подходящими для растительных субстратов являлись закваски, содержащие *Streptococcus thermophilus* и кефирные грибы.

Ключевые слова: Растительное молоко, ферментация, пробиотики, непереносимость лактозы, продукты питания.

STUDY OF THE ABILITY OF LACTIC ACID BACTERIA TO FERMENT PLANT ANALOGUES OF MILK

© The Author(s) 2022

SERAZETDINOVA Yulia Renatovna, master's student of the Department of Bionanotechnology

FROLOVA Anna Sergeevna, master's student of the Department of Bionanotechnology

MILENTYEVA Irina Sergeevna, doctor of Technical Sciences,
associate professor of the Department of Bionanotechnology
MININA Varvara Ivanovna, doctor of Biological Sciences, professor,
head Department of Genetics and Fundamental Medicine,
Kemerovo State University
(650000, Russia, Kemerovo, Krasnaya 6,

e-mails: serazetdinova2000@mail.ru, flyflyflyflyfly.af@mail.ru, irazumnikova@mail.ru, vminina@mail.ru)

Abstract. In the work, the ability of lactic acid microorganisms to ferment vegetable analogues of milk is studied. The production of such products is relevant for the food industry, due to the improvement of organoleptic and functional properties. The main consumers of the product are people who exclude dairy products from the diet due to medical prescriptions (food allergies, lactose intolerance, phenylketonuria), personal taste preferences and other reasons. Plant-based alternatives can replace traditional animal products. At the same time, plant substrates are a stressful environment for lactic acid bacteria, and the characteristics of the growth and development of probiotic cultures on such an environment are poorly understood. The purpose of the work is to study the ability of domestic starter cultures to ferment plant analogues of milk (for example, soy), as well as the effect of fermentation on the morphology of starter cultures. The objects of the study were starter cultures: *Vivo* kefir, starter culture for the preparation of Mechnikovskaya yogurt and yogurt, acidophilus starter culture with probiotic properties, direct application starter culture "Bifivit". The article describes the experience of foreign researchers in the field of fermentation of plant alternatives. Also presented are the results of a study of the intensity of acid formation of domestic starter cultures during fermentation on soy milk, their ability to form a stable clot. The effect of fermentation on the morphological properties of cultures is described. The ability of some cultures of lactic acid microorganisms to ferment soy substrate with the formation of a dense clot and a titratable acidity of at least 60 °T has been established. At the same time, starter cultures containing *Streptococcus thermophilus* and kefir fungi were the most suitable for plant substrates.

Keywords: plant milk, fermentation, probiotics, lactose intolerance, food.

Для цитирования: Серазетдинова Ю.Р. Изучение способности молочнокислых бактерий к ферментации растительных аналогов молока / Ю.Р. Серазетдинова, А.С. Фролова, И.С. Милентьева, В.И. Минина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11. – № 3(59). – С. 128-134. – DOI: 10.46548/21vek-2022-1159-0019.

Введение. Молоко и кисломолочные продукты являются основой постоянного рациона в большинстве регионов нашей страны. Состав данных продуктов включает биологически активные и ценные питательные вещества, пре- и пробиотики, необходимые для нормального роста и развития организма. В тоже время, существуют группы людей, в рационе которых должны отсутствовать продукты, содержащие молоко.

Исключение из рациона данных продуктов связано с наличием таких заболеваний, как: аллергия на коровье молоко, непереносимость лактозы, фенилкетонурия. В некоторых случаях отказ от молока может быть вызван личными вкусовыми предпочтениями либо жизненной позицией (веганство, экоактивизм, и т.д.) [1, 2].

Обогатить рацион данных групп населения пре- и пробиотиками, а также биологически активными веществами, высвобождающимися в процессе ферментации – актуальная задача для пищевой промышленности.

Заменой коровьему молоку могут выступать растительные альтернативы – продукты, получаемые экстракцией бобовых, злаков, орехов. Растительные аналоги молока содержат в своем составе витамины, минералы и антиоксиданты, за счет чего оказывают положительное влияние на здоровье человека. Так, например, диета с высоким потреблением растительных продуктов снижает риск развития

сердечнососудистых и нейродегенеративных заболеваний (в частности болезни Альцгеймера) [3, 4].

В тоже время польза растительных альтернатив ограничивается антипитательными веществами, снижающими биологическую доступность витаминов и минералов. Решением данной проблемы может служить ферментация растительных субстратов. Так, например, согласно литературным данным ферментация способна повысить биологическую доступность кальция [5].

Наиболее подходящим альтернативным субстратом для ферментации является соя, за счет аминокислотного состава, оптимального для питания человека. Бобовые содержат такие незаменимые аминокислоты, как лизин, аргинин, лейцин и др. (кроме сернистых аминокислот и триптофана). Пробиотические соевые напитки могут оказывать положительное влияние на здоровье человека за счет антигипертензивного эффекта, снижения уровня холестерина, антидиабетического потенциала и т.д. [6].

Несмотря на пользу соевых продуктов, некоторые потребители могут исключать их из рациона из-за бобового привкуса, обусловленного содержанием н-гексанол и пентанола. Поэтому производство соевых альтернатив должно включать дополнительные технологические операции, позволяющие избавиться от привкуса, например, бланширование или проращивание [7].

Еще одним негативным аспектом употребления

сои являются пищевые аллергии. Этот вид аллергии особенно часто встречается у грудных детей. Так, около половины процента годовалых детей страдают аллергией на сою, однако к 7 годам распространенность этого заболевания снижается вдвое. При этом ферментация соевых продуктов также способствует снижению аллергенности. Сообщается, что концентрация некоторых антипитательных веществ в сое, таких как фитиновая кислота, ингибитор трипсина и уреазы, значительно уменьшается в результате ферментации, при этом увеличивается биодоступность минералов [7, 8].

Немаловажным этапом в разработке ферментированных соевых продуктов является подбор заквасочных культур. Соевое молоко, не смотря на свою приближенность к коровьему, является стрессовой средой для молочнокислых бактерий. В результате этого выращенные в ней культуры могут демонстрировать специфические рост и накопление молочной кислоты. В большинстве случаев замена коровьего молока на соевое при ферментации приводит к более медленному накоплению кислот, в результате чего продолжительность ферментации увеличивается. Медленное подкисление продукта может провоцировать рост посторонней микрофлоры, а также возникновение пороков качества. Исследования показывают, что в целом ферментация растительных субстратов должна осуществляться за 12-16 ч, при этом конечный *pH* продукта не должен быть ниже 4,6. Высокая скорость накопления кислот (ниже 4,5 в течение 4 ч) также приводит к порокам качества, провоцируя образование сгустка низкой плотности [9].

Для ферментации растительных субстратов наиболее рационально использование *Streptococcus thermophilus*, из-за его способности к сквашиванию не только лактозы (молочно сахара), но и других углеводов. В частности термофильный стрептококк способен сбраживать сахарозу.

Имеются данные о том, что *Streptococcus thermophilus* LMD-9 метаболически активен в соевом молоке, при выращивании в котором штамм демонстрировал более высокий уровень подкисления (ΔpH 2,6 за 5 ч), чем другие штаммы *S. thermophilus*, изученные в настоящее время. *Streptococcus thermophilus* LMD-9 растет в соевом молоке за счет потребления сахарозы. При этом некоторые штаммы демонстрируют сходную динамику роста и подкисления в соевом и коровьем молоке [10].

Наиболее часто термофильный стрептококк используют в совокупности с болгарской палочкой. Известны взаимодействия между этими заквасками в коровьем молоке. *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* продуцирует пептиды и свободные аминокислоты, в то время как *S. thermophilus* обеспечивает метаболиты, такие как муравьиная кислота, пировиноградная кислота, фолиевая кислота и диоксид углерода.

Особенности роста болгарской палочки при культивировании в соевом молоке практически не

изучены. В исследованиях ее обычно применяют в совокупности с *S. thermophilus*, как и в коровьем молоке. Немногочисленные зарубежные исследования демонстрируют, что при совместном культивировании в растительных субстратах данных культур преобладает термофильный стрептококк, продуцируя избыток диацетила. При этом рост болгарской палочки практически не наблюдается.

Угнетение болгарской палочки в растительном молоке объясняется особенностями ее метаболизма, а также химическим составом соевого молока. *L. delbrueckii subsp. Bulgaricus* не способна использовать в качестве источника углерода сахарозу (содержание в сое 1,1–7,4 % сухой массы семян). Поэтому единственными источниками углерода в соевом молоке выступают глюкоза и фруктоза, содержание которых в субстрате сравнительно мало (0,03–2,4 % сухой массы семян) [11]. Также ограниченный рост болгарской палочки может быть связан с отсутствием пригодного для использования источника азота и высокой ауксотрофностью (потребностью в специфических аминокислотах, в особенности с разветвленной цепью) [12].

Для ферментации сои могут применяться и *Bifidobacterium*, которые обладают эндогенными β -глюкозидазами, играющими важную роль в биоконверсии гликозилизофлавонов во время ферментации. В сое в основном присутствуют изофлавоны в гликозильных формах, но могут присутствовать небольшие количества изофлавонов в агликоновых формах. Согласно исследованиям A.R. Olmos B. Longum CRL 849, способный выживать в условиях ЖКТ, увеличивал количество биологически активных изофлавонов в сое. Данный штамм способен потреблять сахарозу из растительных субстратов и продуцировать молочную и уксусную кислоты. Обогащение продуктов питания изофлавонами является перспективным, так как они играют важную роль при профилактике рака, сердечно сосудистых заболеваний, остеопороза [13-15].

Также известно, что *Lactobacillus rhamnosus* (L.) CRL981, выращенный в соевом молоке, полностью гидролизует изофлавоновые глюкозиды в их агликоновые формы за 12 ч инкубации. Соевое молоко, ферментированное данным штаммом, обладало высокой антиоксидантной активностью, а также способностью ингибировать окисление ДНК [16].

Таким образом, ферментация растительных субстратов способна не только улучшить органолептические показатели продукта, но и усилить его функциональные качества. Целью работы является изучение способности отечественных заквасочных культур к ферментации растительных аналогов молока (на примере соевого), а также изучение влияния ферментации на морфологию заквасочных культур.

Методология. Объектами исследования являлись:

- 1) напиток *Nemoloko* соевое *Barista* ТУ 10.86. 10-037-48066304-2020;
- 2) закваска *Vivo* кефир ТУ 9223-001-18137828-

2014;

3) закваска для приготовления простокваши Мечниковской и йогурта ТУ 9229-001-18810509-2015;

4) закваска для ацидофилина с пробиотическими свойствами ТУ 9229-001-18810509-2015;

5) закваска прямого внесения «Бифивит» ТУ 9229-002-02069473–2015;

6) глюкоза кристаллическая ГОСТ 975-88;

7) молоко Простоквашино ТУ 10.51.11-050-13605199.

Для приготовления маточных заквасок на растительном молоке, соевое молоко стерилизовали, остужали до температуры сквашивания, после чего в асептических условиях вносили заквасочные культуры. Далее содержимое колб перемешивали и выдерживали в термостате при температуре 39°C (термофильные закваски) и 30°C (мезофильные закваски) в течение 16 часов. Лабораторные закваски готовили, аналогично внося 5% маточной закваски, во время культивирования каждый час, отслеживая титруемую кислотность.

Титруемую кислотность растительного молока и заквасок определяли согласно ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности».

Микроскопирование образцов проводили с использованием метиленового синего согласно ГОСТ 32901 – 2014 «Молоко и молочная продукция. Методы

микробиологического анализа».

Результаты. Для предварительной оценки способности заквасочных культур сквашивать растительное молоко готовили маточные закваски на стерильном соевом молоке. В таблице 1 представлены результаты приготовления лабораторной закваски.

Отбор микроорганизмов для дальнейших исследований производили по следующим критериям: способность к формированию устойчивого сгустка, способность сквашивать растительные альтернативы молока и сохранять жизнеспособность.

Согласно полученным данным, закваска «Бифивит» наименее приспособлена к ферментации растительных субстратов. Культивирование в соевом молоке показало, что штамм *Bifidobacterium longum*, используемый в данной закваске, не способен к накоплению молочной кислоты и образованию сгустка. После 24 ч культивирования титруемая кислотность маточной закваски составила 10°Т. При микроскопировании образца обнаружены единичные слабо развитые палочки.

Рационально предположить, что *Bifidobacterium longum* в составе закваски «Бифивит» не способен использовать в качестве источника углерода олигосахариды, присутствующие в соевом молоке, что делает невозможным его применение для производства растительных ферментированных продуктов.

Таблица 1 – Подбор заквасочных культур для ферментации растительного молока

Параметр	Наименование закваски			
	Закваска «Бифивит»	Закваска для приготовления простокваши Мечниковской и йогурта	Закваска Vivo кефир	Закваска для ацидофилина с пробиотическими свойствами
Состав	<i>Bifidobacterium longum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	Кефирные грибки	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Наличие плотного, устойчивого сгустка	Сгусток не образуется	Устойчивый плотный сгусток	Устойчивый плотный сгусток	Сгусток не плотный
Развитие микроорганизма	Обнаружены единичные палочки	Палочки и кокки хорошо развиты	Хорошо развиты	Хорошо развитые палочки
Продолжительность образования сгустка, ч	–	10	7	16
Титруемая кислотность, °Т	10,7	67,9	55,6	40,2

Как самостоятельная заквасочная культура не подходит для производства растительных альтернатив и *Lactobacillus acidophilus*. Данный микроорганизм способен образовывать неплотный сгусток при продолжительном сквашивании, однако степень накопления кислот недостаточна для обеспечения качества продукта и подавления посторонней микрофлоры. В тоже время рационально использование *Lactobacillus acidophilus* в качестве функциональной добавки в совокупности с более подходящими для ферментации растительных субстратов культурами. Согласно литературным данным, ацидофильная палочка способна вступать в симбиотические отношения с другими молочно-кислыми микроорганизмами, а также обладает рядом полезных для организма свойств, что делает

ее перспективной при разработке симбиотических заквасок для растительных субстратов. В данной сфере требуется проведение дополнительных исследований [17].

Также при культивировании закваски содержащей *Lactobacillus acidophilus* наблюдали значительное расслоение продукта (около 1/5 соевой сыворотки от всего объема закваски без внешнего воздействия), и небольшую коагуляцию молочных белков. Данные свойства закваски могут применяться для производства сыров на растительной основе, которые в настоящее время производят в основном с помощью коагулянтов либо разрушением растительных тканей [18, 19].

Наиболее подходящими для ферментации растительного субстрата являются *Streptococcus ther-*

mophilus, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, а также кефирные грибки. Данные заквасочные культуры способны к образованию плотного устойчивого сгустка за 7-9 часов культивирования. При микроскопировании маточной закваски для йогурта обнаружены палочки правильной формы, а также хорошо развитые кокки, образующие длинные цепочки (до 40 шт. в цепочке).

Из подходящих для ферментации растительных субстратов культур готовили лабораторные закваски, которые проверяли на интенсивность кислотообразования (рис. 1). Согласно полученным данным, сквашивание всех образцов проходило равномерно, без резких скачков. Для образования плотного, устойчивого сгустка и накопления кислотности не менее 60°Т образцам на растительной основе требовалась выдержка от 6 до 10 часов при температуре 39°С. Закваска для кефира демонстрировала более быстрое накопление органических кислот на начальном этапе, однако $\Delta^{\circ}\text{T}$ готовых продуктов для соевых кефира и йогурта составила 9. Следует отметить, что скорость накопления кислот в ферментированных соевых продуктах по сравнению с контрольными образцами (на коровьем молоке) была снижена. Так, $\Delta^{\circ}\text{T}$ после 10 часов культивирования для йогурта составила 50,4,

для кефира 63,5. Для определения влияния пересевов на заквасочные культуры (при культивировании в соевом молоке) проводили микроскопирование лабораторных заквасок. Значительных отличий в морфологии кефирной закваски не наблюдалось, при этом в закваске для йогурта отмечено отсутствие болгарской палочки. Развитие термофильного стрептококка не отличалось от контрольного образца на коровьем молоке (длина цепочек около 40 кокков).

Для стимулирования роста *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* и оптимизации процесса ферментации, в некоторые образцы, дополнительно вносили глюкозу в концентрациях 1 и 2% от объема соевого молока. Для исследования влияния добавки на интенсивность кислотообразования в процессе культивирования образцов отслеживали изменение титруемой кислотности (рис. 2).

Согласно полученным данным, внесение глюкозы в субстрат как в 1%, так и в 2% не оказывало значительного воздействия на скорость образования кислот в образце. Можно предположить, что основную роль в подкислении соевого молока играет *Streptococcus thermophilus*. В тоже время, это может говорить о недостаточной концентрации вносимой добавки для стимулирования роста болгарской палочки.

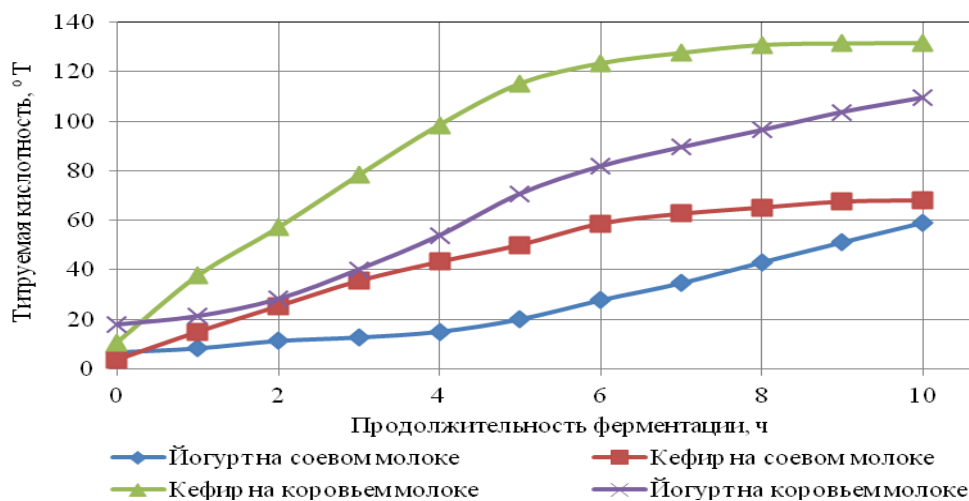


Рисунок 1 – Интенсивность кислотообразования заквасочных культур на растительном молоке

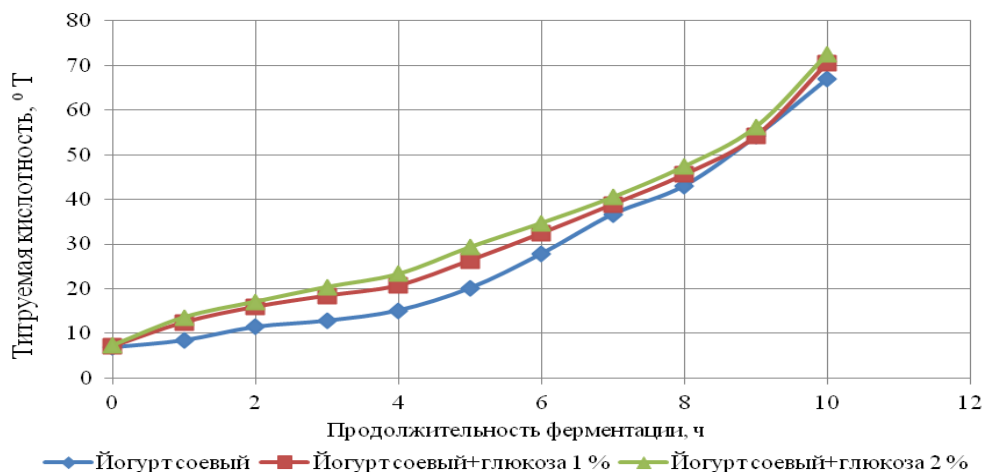


Рисунок 2 – Интенсивность кислотообразования при ферментации с добавлением глюкозы

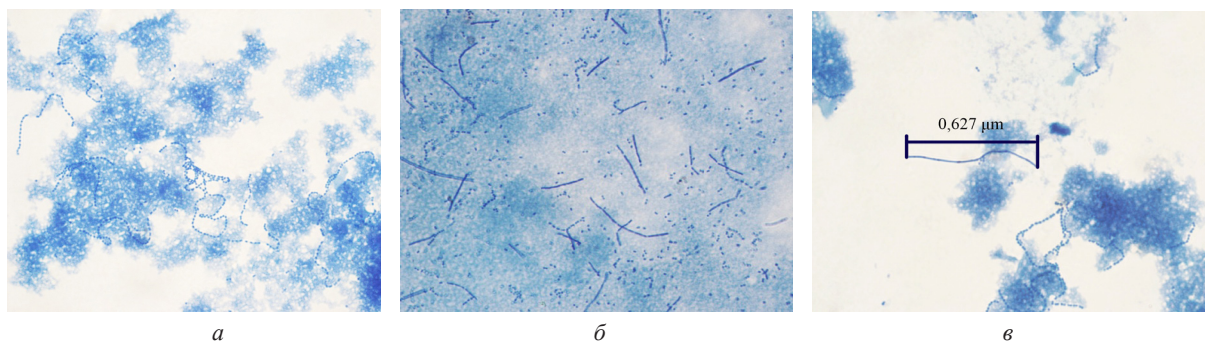


Рисунок 3 – Микроскопия лабораторных заквасок, 100х: а – морфология закваски на соевом молоке, б – морфология закваски на коровьем молоке, в – морфология закваски на соевом молоке с глюкозой

Микроскопирование лабораторных заквасок показало, что внесение глюкозы как в 1%, так и в 2% способствовало сохранению в закваске болгарской палочки (рис. 3). Однако наблюдалась деформация и сегментация палочек, что может говорить о том, что соевое молоко – стрессовая среда, не способная поддерживать длительное сохранение жизнеспособности болгарской палочки.

Обсуждение. В ходе работы подтверждена способность некоторых отечественных заквасочных культур молочнокислых к ферментации растительных аналогов молока. Полученные результаты согласуются с результатами исследователей работающих в данной сфере. Например, I. Atalar в своей работе описывает способность кефирных грибков сквашивать молоко из фундука. При этом существуют данные о способности кефирной закваски осуществлять и ферментацию арахисовых субстратов, увеличивая антиоксидантные свойства продукта [20, 21].

Способность некоторых веществ стимулировать процесс ферментации (с использованием молочнокислых бактерий) также активно рассматривается учеными. Например, V. Arasaratnam с соавторами доказали, что добавление в субстрат таких вспомогательных веществ, как глюкоза и дрожжевой экстракт позволяло увеличить накопление органических кислот в образцах, содержащих болгарскую палочку [22]. Интенсифицировать ферментацию способны и другие вещества, например, E. Yamamoto с соавторами, показали, что добавление в субстрат фумаровой кислоты сокращает длительность ферментации [23].

Производство ферментированных растительных альтернатив, является актуальным в наше время. И позволяет получать продукты с усиленными функциональными свойствами для группы потребителей неспособных употреблять молочные продукты. Важным этапом в разработке растительных аналогов является подбор заквасочных культур, проведенный в данном исследовании. Для дальнейшей разработки таких продуктов питания необходимо изучить свойства молочнокислых микроорганизмов, выращенных на растительных субстратах и установить разницу в метаболизме с культурами, выращенными на коровьем молоке. Также рационально оценить

влияние срока хранения на количественный и качественный состав заквасочных культур, так как сохранение пробиотиками жизнеспособности на протяжении всего срока хранения – важнейший показатель качества функциональных пробиотических продуктов.

Выводы. Производство растительных альтернатив – перспективное направление развития для пищевой промышленности. Создание таких продуктов позволит обогатить рацион людей, не употребляющих молоко и молочные продукты, пробиотиками и биологически активными веществами. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- некоторые культуры молочнокислых микроорганизмов способны осуществлять ферментацию соевого субстрата с образованием плотного густка и титруемой кислотностью не менее 60°Т;
- наиболее подходящими для растительных субстратов являются закваски, содержащие *Streptococcus thermophilus* и кефирные грибки;
- пересевы болгарской палочки в процессе культивирования на растительных субстратах приводят к деформации и сегментации палочек;
- для сохранения свойств и поддержания жизнеспособности *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* рационально внесение в соевый субстрат дополнительных факторов роста, источников углерода и азота;
- для производства продуктов на растительной основе с использованием молочнокислых микроорганизмов рекомендуется использовать закваски прямого внесения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Němečková I., Dragounova H., Pechačova M., Rysova J., Roubal P. Fermentation of Vegetable Substrates by Lactic Acid Bacteria as a Basis of Functional Foods. // Czech Journal of Food Sciences. – 2011. – Vol. 29. – P. S42–S48. <https://doi.org/10.17221/282/2011-CJFS>.
2. Escobar-Saez D., Montero-Jiménez L., Garcia-Herrera P., Sanchez-Mata M.S. Plant-based drinks for vegetarian or vegan toddlers: Nutritional evaluation of commercial products, and review of health benefits and potential concerns // Food Research International. – 2022. – Vol. 160. – P. 111646. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111646>.
3. Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects // Journal of Functional Foods. – 2020. – Vol. 20. – P. 103975. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>.

jff.2020.103975.

4. Pistollato F., Iglesias R.S., Ruiz R., Aparicio S., Crespo J., Lopez L.D., Manna P.P., Giampieri F., Battino M. Nutritional patterns associated with the maintenance of neurocognitive functions and the risk of dementia and Alzheimer's disease: A focus on human studies // *Pharmacological Research*. – 2018. – Vol. 131. – P. 32–43. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2018.03.012>.

5. Dubey M.R., Patel V.P. Probiotics: A Promising Tool for Calcium Absorption // *The Open Nutrition Journal*. – 2021. – Vol. 15. – P. 59–69. <http://dx.doi.org/10.2174/1874288201812010059>

6. Das D., Kabir M.E., Sarkar S., Wann S.B., Kalita J., Manna P. Antidiabetic potential of soy protein/peptide: A therapeutic insight // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2022. – Vol. 194. – P. 276–288. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.11.131>.

7. Moss R., Barker S., Falkeisen A., Gorman M., Knowles S., Sweeney M.B. An investigation into consumer perception and attitudes towards plant-based alternatives to milk // *Food Research International*. – 2022. – Vol. 159. – P. 111648. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111648>.

8. Peng X., Liao Y., Ren K., Liu Y., Wang M., Yu A., Tian T., Liao P., Huang Z., Wang H., Jiang L. Fermentation performance, nutrient composition, and flavor volatiles in soy milk after mixed culture fermentation // *Process Biochemistry*. – 2022. – Vol. 121. – P. 286–297. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.07.018>.

9. Cai J.S., Feng J.Y., Ni Z.J., Ma R.H., Thakur K., Wang S., Hu F., Zhang J.G., Wei Z.J. An update on the nutritional, functional, sensory characteristics of soy products, and applications of new processing strategies // *Trends in Food Science & Technology*. – 2021. – Vol. 112. – P. 676–689. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.039>.

10. Boulay M., Haddad M.A., Rul F. Streptococcus thermophilus growth in soya milk: Sucrose consumption, nitrogen metabolism, soya protein hydrolysis and role of the cell-wall protease PrtS. // *International Journal of Food Microbiology*. – 2020. – Vol. 335. – P. 108903. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108903>.

11. Medic J., Atkinson C., Hurburgh Jr. C.R. Current Knowledge in Soybean Composition // *JAOCS*. – 2014. – Vol. 91. – P. 363–384. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2407-9>.

12. Jan G., Tarnaud F., Carmo F.L.R., Illikoud N., Canon F., Jardin J., Briard-Bion V., Guyomarc'h F., Gagnaire V. The stressing life of Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus in soy milk // *Food Microbiology*. – 2022. – Vol. 106. – P. 104042. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104042>.

13. Olmos A.R., Garro O.A., Garro M.S. Behavior study of Bifidobacterium longum using solid state fermentation from commercial soybean meal // *LWT*. – 2020. – Vol. 157. – P. 113101. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113101>.

14. Olmos A.R., Bru E., Garro M.S. Optimization of fermentation parameters to study the behavior of selected lactic cultures on soy solid state fermentation // *International Journal of Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 196. – P. 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.11.030>.

15. Marazza J.A., Nazareno M.A., Giori G.S., Garro M.S. Bioactive action of β -glucosidase enzyme of Bifidobacterium longum upon isoflavone glucosides present in soymilk // *Science and Technology*. – 2013. – T. 48. – P. 2480–2489. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12239>.

16. Marazza J.A., Nazareno M.A., Giori G.S., Garro M.S. Enhancement of the antioxidant capacity of soymilk by fermentation with Lactobacillus rhamnosus // *Sciverse Science-Direct*. – 2012. – Vol. 4. – P. 594–601. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.03.005>.

17. Бояринцева И.В. Пробиотические свойства и актуальность практического применения L. Acidophilus // *Вестник хабаровского государственного университета экономики и права*. – 2021. – № 2(106). – С. 70–75.

18. Oyeyinka T.A., Odukoya J.O., Adebayo Y.S. Nutritional composition and consumer acceptability of cheese analog from soy and cashew nut milk // *J Food Process Preserv*. – 2019. – Vol. 43. – P. e14285. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14285>.

19. David L.G., Clements J.M. The science of plant-based foods: Approaches to create nutritious and sustainable plant-based cheese analogs // *Trends in Food Science & Technology*. – 2021. – Vol. 118. – P. 207–229. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.004>.

20. Atalar I. Functional kefir production from high pressure homogenized hazelnut milk // *LWT*. – 2019. – Vol. 107. – P. 256–

263. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.013>.

21. M. Bensmira, B. Jiang Total phenolic compounds and antioxidant activity of a novel peanut based kefir // *Food Science and Biotechnology*. – 2015. – Vol. 56. – P. 1055–1060. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0135-7>.

22. Arasaratnam V., Senthuran A., Balasubramaniam K. Supplementation of whey with glucose and different nitrogen sources for lactic acid production by Lactobacillus delbrueckii // *Enzyme and Microbial Technology*. – 1996. – Vol. 19. – P. 482–486. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(95\)00147-6](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(95)00147-6).

23. Yamamoto E., Watanabe R., Tooyama E., Kimura K. Effect of fumaric acid on the growth of Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus during yogurt fermentation // *Journal of Dairy Science*. – 2021. – Vol. 104. – P. 9617–9626. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20173>.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы анализа в области прикладной биотехнологии» на базе ФГБОУ ВО «КемГУ»

Статья поступила в редакцию 16.08.2022

Статья принята к публикации 16.09.2022