



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 637.1

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.010



ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЛЕПИХОВОГО НАПИТКА

Кристина Евгеньевна Шевченко ¹, Роман Викторович Дорофеев ²,
Юлия Михайловна Трубицына ³, Екатерина Антоновна Кашлакова ⁴

^{1, 2, 3, 4} ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий», Барнаул, Россия

¹ kristina.shevchenko.95@list.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5963-7447>

² romandorof@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1627-0454>

³ juliyatrubicina76@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4723-7711>

⁴ kashlakovay@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7007-3133>

Аннотация. Объектом исследования являются пробиотические микроорганизмы из «Сибирской коллекции микроорганизмов»: пропионовокислые бактерии, молочная сыворотка, сироп из облепихи. Цель работы – разработка облепихового напитка с пробиотиками. В работе использованы общепринятые методы микробиологического и биохимического анализа. При разработке облепихового напитка использовали многоштаммовую культуру пропионовокислых бактерий *Propionibacterium freudenreichii* spp (три штамма), молочную сыворотку, сироп из облепихи с концентрацией сахара 20 %. Для накопления биомассы пропионовокислых бактерий использовали питательную среду, содержащую подсырную сыворотку после культивирования молочнокислых бактерий. Для приготовления напитка была использована отфильтрованная от белка подсырная сыворотка. Подобран компонентный состав облепихового напитка: подсырная сыворотка – 73 %, сироп из облепихи – 17 % и культура пропионовокислых бактерий – 10 %.

Исследована выживаемость пропионовокислых бактерий в процессе хранения в облепиховом напитке. Пропионовокислые бактерии показали хорошие результаты по выживаемости в течение 30 суток хранения облепихового напитка при температуре 8–10 °С. Численность пропионовокислых бактерий в конце хранения находилась на уровне – $2,8 \times 10^8$ КОЕ/см³.

Была разработана технология получения облепихового напитка с пробиотической микрофлорой *Propionibacterium freudenreichii* spp (три штамма).

Ключевые слова: Молочная сыворотка, облепиховый сироп, пропионовокислые бактерии, физиолого-биохимические свойства, витамин B₁₂, органолептические показатели.

Для цитирования: Шевченко К. Е., Дорофеев Р. В., Трубицына Ю. М., Кашлакова Е. А. Применение пропионовокислых бактерий при разработке облепихового напитка // Ползуновский вестник. 2025. № 1, С. 92–96. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.010. EDN: <https://elibrary.ru/UHXTPX>.

Original article

USE OF PROPIONIC ACID BACTERIA IN DEVELOPMENT OF SEA BUCKTHORN DRINK

Kristina E. Shevchenko ¹, Roman V. Dorofeev ², Julia M. Trubitsyna ³,
Ekaterina A. Kashlakova ⁴

^{1, 2, 3, 4} Federal State Budgetary Institution "Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnology", Barnaul, Russia

¹ kristina.shevchenko.95@list.ru, <https://orcid.org/0009-0002-5963-7447>

² romandorof@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1627-0454>

³ juliyatrubicina76@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4723-7711>

⁴ kashlakovay@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7007-3133>

Abstract. The object of the study is probiotic microorganisms from the "Siberian collection of microorganisms": propionic acid bacteria, whey, sea buckthorn syrup. The purpose of the work is to develop a sea buck-

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЛЕПИХОВОГО НАПИТКА

*thorn drink with probiotics. The work uses generally accepted methods of microbiological and biochemical analysis. In the development of sea buckthorn drink, a multistrain culture of propionic acid bacteria *Propionibacterium freudenreichii* spp (three strains), whey, sea buckthorn syrup with a sugar concentration of 20 % was used. To accumulate the biomass of propionic acid bacteria, a nutrient medium containing subsurface serum was used after cultivation of lactic acid bacteria. For the preparation of the drink, a whey powder filtered from the protein was used. The component composition of the sea buckthorn drink was selected: powdered whey - 73 %, sea buckthorn syrup - 17 % and culture of propionic acid bacteria - 10 %. The survival rate of propionic acid bacteria during storage in sea buckthorn drink has been studied. Propionic acid bacteria showed good survival results during 30 days of storage of sea buckthorn drink at a temperature of 8-10 °C. The number of propionic acid bacteria at the end of storage was at the level of $2,8 \times 10^8$ CFU/cm³.*

*A technology for producing sea buckthorn drink with probiotic microflora *Propionibacterium freudenreichii* spp (three strains) has been developed.*

Keywords: *Whey, sea buckthorn syrup, propionic acid bacteria, physiological and biochemical properties, vitamin B12, organoleptic parameters.*

For citation: Shevchenko, K. E., Dorofeev, R. V., Trubitsyna, J. M. & Kashlakova, E. A. (2025). The use of propionic acid bacteria in the development of sea buckthorn drink. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 92-96. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.01.010. EDN: <https://elibrary.ru/UHXTPX>.

ВВЕДЕНИЕ

Здоровье человека в значительной степени зависит от питания, которое должно быть биологически полноценным и сбалансированным. Продукты питания – важный источник поступления в организм человека белков, жиров, углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов и других биологически активных веществ [1].

Важное место в питании человека занимают функциональные молочные продукты: сыры твердые, полутвердые, сыры мягкие, творог, сметана, кисломолочные напитки, а также продукты, включающие пробиотические микроорганизмы, употребление которых оказывает позитивное влияние на организм человека и улучшает его физическое и физиологическое состояние.

В России большое внимание уделяется исследованиям, направленным на расширение ассортимента новых функциональных продуктов, одним из которых является разработка технологии напитков на основе молочной сыворотки. Сыворотка – это побочный продукт производства сыра, творога и казеина. Молочная сыворотка является источником многих ценных веществ: белков, углеводов, жиров. Белки, содержащиеся в молочной сыворотке, по своему составу относятся к наиболее ценным белкам животного происхождения, являясь источником многих незаменимых аминокислот: аргинина, гистидина, метионина, лизина, треонина, триптофана и лейцина. Сывороточные белки принимают участие в структурном обмене человеческого организма для регенерации белков печени, образования гемоглобина и плазмы крови [2, 3].

Состав углеводов молочной сыворотки аналогичен углеводному составу молока. Основное количество сухих веществ молочной сыворотки составляет лактоза (около 70 %). На долю других компонентов (несахаров) приходится 30 %. Лактоза представляет собой уникальный вид сахара, который в природе больше нигде не встречается. Сыворотка содержит более 30 макро- и микроэлементов [4].

В молочной сыворотке содержится 0,05–0,5 % жира. Молочный жир в сыворотке диспергирован больше, чем в цельном молоке, что положительно влияет на его усвояемость организмом человека. Сыворотка содержит практически все соли и микроэлементы молока, в целом она является продуктом с естественным набором жизненно важных минеральных соединений [3].

Сыворотка нашла свое место в биотехнологии производства сывороточных напитков, при употреблении которых она положительно повлияет на функции человеческого организма. Для расширения ассортимента продуктов питания функциональной направленности для широкого круга населения в состав сывороточных напитков включают пробиотические микроорганизмы. Введение пробиотической микрофлоры в состав напитка делает его ещё более ценным продуктом питания. Пропионовокислые бактерии (ПКБ) занимают одно из ведущих мест среди полезных микроорганизмов, они широко используются при производстве ферментированных молочных продуктов [5].

Согласно «Определителя Берджи», пропионовокислые бактерии объединены в род *Propionibacterium*, который входит в состав семейства *Propionibacteriaceae*. Пропионовокислые бактерии можно отнести к уникальным микроорганизмам, заключается в особенностях их метаболической активности и биохимических свойствах. ПКБ сохраняют свою жизнеспособность в аэробных условиях, благодаря образованию ими супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы. Данные ферменты необходимы для детоксикации кислорода воздуха.

В соответствии с ГОСТ 32923-2014 «Продукты кисломолочные, обогащенные пробиотическими микроорганизмами», пропионовокислые бактерии относятся к пробиотическим микроорганизмам. Продукты ферментации пропионовокислых бактерий содержат в больших количествах пропионовую, уксусную кислоту и

углекислый газ. Кроме того, пропионовокислые бактерии являются продуцентом витамина В₁₂, который играет важную роль в организме человека, укрепляет иммунитет. Коллекционные штаммы пропионовокислых бактерий продуцируют витамин В₁₂ в количестве 1,0–2,4 мкг/см³. Из литературных источников известно, что выход витамина В₁₂ у пропионовокислых бактерий можно увеличить за счет оптимизации питательных сред до 20,0 мкг/см³ [6, 7].

По литературным данным, пропионовокислые бактерии обладают антимуtagenным действием. Поэтому пропионовокислые бактерии противостоят действию кислорода воздуха, поступающего в бактериальную клетку, а антимутагены повышают активность ферментных систем, которые принимают участие в детоксикации, поступающих в клетку веществ, и эти процессы приводят к снижению мутаций [8].

Таким образом, в молочной промышленности использование пробиотической культуры пропионовокислых бактерий проводится с целью обогащения кисломолочных продуктов метаболитами пропионовокислых бактерий и повышения биологической ценности продукта. Поэтому введение пропионовокислых бактерий в сывороточный напиток будет благотворно влиять на качественные показатели продукта.

Для расширения линейки функциональных продуктов и улучшения вкусовых характеристик вводят ягодные наполнители. Одним из таких наполнителей является сок облепихи. Ягоды облепихи по своим биологическим свойствам уникальны, в них содержатся почти две сотни биологически активных компонентов, мононенасыщенные жирные кислоты, витамины группы В, РР, Е, Н, С. Помимо витаминов, облепиха богата микроэлементами: натрием, калием, кальцием, магнием и фосфором, они необходимы для создания новых клеток и поддержания организма человека в здоровом состоянии. Сок и ягоды облепихи – лучшее средство от многих болезней, особенно инфекционных. Помимо минеральных веществ, в плодах облепихи содержатся пектины, дубильные и белковые вещества, фитонциды, органические кислоты и т.д. Фитонциды, в свою очередь, являются природными антибиотиками, которые способны повысить ослабленный иммунитет [9, 10]. В настоящее время пищевая и лечебно-профилактическая ценности этой культуры неоспоримы. Она занимает важное место в системе сохранения и улучшения здоровья населения в стрессовых условиях природной среды.

В связи с вышеизложенным, разработка напитка на основе молочной сыворотки с включением культуры пропионовокислых бактерий и облепихового сиропа даёт возможность расширить ассортимент продуктов функциональной направленности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Место проведения исследований – лаборатория микробиологии молока и молочных продуктов, отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА

При разработке облепихового напитка использовали многоштаммовую культуру пропионовокислых бактерий *Propionibacterium freudenreichii* spp (три штамма) из Сибирской коллекции микроорганизмов (СКМ), молочную (подсырную) сыворотку, сироп из облепихи с концентрацией сахара 20 %.

Получение многоштаммовой культуры пропионовокислых бактерий

Для накопления биомассы пропионовокислых бактерий использовали питательную среду, содержащую подсырную сыворотку после культивирования молочнокислых бактерий, продукты метаболизма которых являются хорошим ростовым фактором для развития пропионовокислых бактерий. Пропионовокислые бактерии культивировали при температуре 30 °С в течение 3 суток.

Приготовление молочной (подсырной) сыворотки

Для приготовления напитка была использована отфильтрованная от белка сладкая подсырная сыворотка с кислотностью 13–14 °Т. Сыворотку пастеризовали при температуре (95±2) °С, охлаждали до температуры (30±2) °С.

Приготовление облепихового сиропа

Облепиховый сок получили из ягод облепихи, собранной на территории Алтайского края, к соку добавили 20 % сахара и пастеризовали при температуре (95±2) °С в течение 10 минут, охлаждали до температуры (30±2) °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования была проведена работа по изучению влияния посевной дозы ПКБ от 0,1 до 2,5 % в питательную среду для накопления биомассы пропионовокислых бактерий.

Пропионовокислые бактерии на питательной среде в дозе инокулюма 0,1 и 0,5 % через трое суток дали урожай бактериальных клеток $1,9 \times 10^9$ и $2,2 \times 10^9$ КОЕ/см³ соответственно. Увеличение дозы внесения пропионовокислых бактерий до 1,0 %, 1,5 %, 2,0 % и 2,5 % позволило получить через двое суток количество бактериальных клеток от $2,3 \times 10^9$ до $3,0 \times 10^9$ КОЕ/см³. Через трое суток культивирования наибольшая численность пропионовокислых бактерий $3,2 \times 10^9$ КОЕ/см³ отмечена при дозе инокулюма 2 %, которая и была определена оптимальной дозой при культивировании в течение 72-х часов для накопления биомассы ПКБ на питательной среде. При повышении дозы внесения ПКБ до 2,5 % не отмечено повышения урожая бактериальных клеток через трое суток по сравнению с 2 % инокулюма, количество бактерий составило $2,4 \times 10^9$ КОЕ/см³. Количество

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЛЕПИХОВОГО НАПИТКА

бактериальных клеток на четвертые сутки при различных дозах внесения инокулюма составило от $2,2 \times 10^9$ до $3,1 \times 10^9$ КОЕ/см³, на пятые сутки – от $2,0 \times 10^9$ до $2,7 \times 10^9$ КОЕ/см³.

При различных дозах внесения инокулюма ПКБ лучший показатель по накоплению биомассы бактериальных клеток достигнут через трое суток культивирования при посевной дозе 2 %, количество бактериальных клеток ПКБ – $3,2 \times 10^9$ КОЕ/см³.

Таблица 1 – Количество пропионовокислых бактерий и активная кислотность в напитке в процессе хранения

Table 1 – The amount of propionic acid bacteria and active acidity in the drink during storage

Готовый облепиховый напиток	Время хранения, сутки							
	1		10		20		30	
	Количество ПКБ КОЕ/см ³	Активная кислотность, ед.рН	Количество ПКБ, КОЕ/см ³	Активная кислотность, ед.рН	Количество ПКБ, КОЕ/см ³	Активная кислотность, ед.рН	Количество ПКБ, КОЕ/см ³	Активная кислотность, ед.рН
	$4,0 \times 10^8$	3,92	$3,3 \times 10^8$	3,94	$3,0 \times 10^8$	3,96	$2,8 \times 10^8$	3,97

Количество пропионовокислых бактерий в облепиховом напитке после 1, 10, 20 и 30 суток хранения представлены в таблице 1.

Исследования показали, что облепиховый напиток является благоприятной средой для сохранения жизнедеятельности пропионовокислых бактерий. Это было установлено в процессе хранения напитка в течение 30 суток. Через 10, 20 и 30 суток хранения облепихового напитка численность бактериальных клеток пропионовокислых бактерий составила на уровне $3,3 \times 10^8$ КОЕ/см³, $3,0 \times 10^8$ КОЕ/см³ и $2,8 \times 10^8$ КОЕ/см³ соответственно.

На выживаемость пропионовокислых бактерий в процессе хранения не повлияла кислотность напитка, которая была в пределах 3,92–3,97 ед. рН. Вероятно, что пропионовокислые бактерии хорошо чувствуют в облепиховом напитке за счет того, что в нем содержится много биологически активных веществ, которые положительно повлияли на данную группу микроорганизмов. Можно сказать, что сами пропионовокислые бактерии продуцируют антиоксидлительную защиту: супероксиддисмутазу (СОД), каталазу и другие метаболиты.

Проведена дегустация облепихового напитка. В результате было установлено, что напиток имел приятный вкус и запах облепихи и сыворотки. В этом напитке чувствовалась пряность за счет присутствия пропионовокислых бактерий. Присутствие этих компонентов не повлияло на органолептические показатели напитка по истечении 30 суток хранения.

ВЫВОДЫ

1. Разработан облепиховый напиток, включающий пробиотическую микрофлору пропионовокислых бактерий.
2. По результатам исследований установ-

лено, что при различных дозах внесения инокулюма ПКБ лучший показатель по накоплению биомассы бактериальных клеток ($3,2 \times 10^9$ КОЕ/см³) достигнут через трое суток культивирования при посевной дозе 2 %.

3. Установлено, что пропионовокислые бактерии в облепиховом напитке сохраняют жизнеспособность по истечении 30 суток хранения. Вероятно, это связано с тем, что облепиха содержит биологически активные вещества, которые оказывают положительное влияние на сохранность этих бактерий.

4. Исследование по использованию пропионовокислых бактерий проводилось с целью обогащения кисломолочных продуктов метаболитами пробиотической культуры (пропионовая, уксусная кислота, витамин В₁₂) и повышение биологической ценности продукта.

5. Проведенные исследования дают возможность расширить ассортимент функциональных продуктов питания с включением таких полезных пробиотических микроорганизмов, как пропионовокислые бактерии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев О., Медведева З. Здоровое питание современные научные рекомендации по здоровому питанию и их влияние на пищевую промышленность. СФЕРА: Масложировая индустрия. Масла и жиры. 2017. № 2 (3). С. 38–41.
2. Мусина О.Н. Новые молочные продукты для здорового питания // Переработка молока. 2015. № 12 (194). С. 36–41.
3. Храмцов А.Г. Феномен молочной сыворотки, СПб.: Профессия, 2012. 804 с.
4. Лисицын В.А., Пономаренко О.В. Функциональные продукты питания на основе молочной сыворотки, перспективы переработки молочной сыворотки. В книге: Пищевые инновации и биотехнологии. Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.

Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Кемерово, 2022. С. 268–270.

5. Инновационные технологии обогащения молочной продукции (теория и практика): монография, М.: Изд-во «Франтера». 2016. 374 с.

6. Воробьева Л.И. Пропионовокислые бактерии. М.: Изд-во МГУ, 1995. 288 с.

7. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации" (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.). 57 с.

8. Воробьева Л.И. Антимутагенность пропионовокислых бактерий // Микробиология. 1991. Т. 60. № 6. С. 83–89.

9. Бурак Л.Ч., Сапач А.Н. Ферментированные продукты питания с использованием плодов облепихи. Обзор. Chronos: естественные и технические науки. 2021. Т. 6. № 4 (37). С. 32–46. DOI: 10.52013/2712-9691-37-4-5.

10. Воронцова А.В., Чеченешкина О.Ю. Продукты из плодов облепихи – источник антиоксидантов. В книге: Студенческая наука – первый шаг к цифровизации сельского хозяйства. Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. В 3-х частях. Чебоксары, 2021. С. 229–230.

Информация об авторах

К. Е. Шевченко – младший научный сотрудник лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА.

Р. В. Дорофеев – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА.

Ю. М. Трубицына – младший научный сотрудник лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА.

Е. А. Кашлакова – инженер лаборатории микробиологии молока и молочных продуктов отдела СибНИИС ФГБНУ ФАНЦА.

REFERENCES

1. Medvedev, O., Medvedeva, Z. Healthy eating modern scientific recommendations on healthy nutrition and their impact on the food industry. FIELD: Fat and oil industry. Oils and fats. 2017. No. 2 (3). pp. 38-41. (In Russ.).

2. Musina, O.N. New dairy products for healthy nutrition // Milk processing. 2015. No. 12 (194). pp. 36-41. (In Russ.).

3. Khramtsov, A.G. The phenomenon of whey St. Petersburg: Profession, 2012. 804 p. (In Russ.).

4. Lisitsyn, V.A., Ponomarenko, O.V. Functional whey-based food products, prospects of whey processing. In the book: Food innovations and biotechnologies. Collection

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 02 мая 2024; одобрена после рецензирования 28 февраля 2025; принята к публикации 05 марта 2025.

The article was received by the editorial board on 02 May 2024; approved after editing on 28 Feb 2025; accepted for publication on 05 Mar 2025.

of abstracts of the X International Scientific Conference of students, postgraduates and Young Scientists. Under the general editorship of A.Y. Prosekov. Kemerovo, 2022. pp. 268-270. (In Russ.).

5. Innovative technologies for the enrichment of dairy products (theory and practice): monograph. M.: Publishing house "Frantera". 2016. 374 p. (In Russ.).

6. Vorobyeva, L.I. Propionic acid bacteria. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1995. 288 p. (In Russ.).

7. Methodological recommendations МР 2.3.1.0253-21 "Norms of physiological energy and nutritional requirements for various groups of the Russian Federation" (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being on July 22, 2021). 57 p. Vorobyova, L.I. Antimutagenicity of propionic acid bacteria / L.I. Vorobyova [et al.] // Microbiology. 1991. Vol. 60. No. 6. pp. 83-89. (In Russ.).

8. Vorobyeva, L.I. Antimutagenicity of propionic acid bacteria // Microbiology. 1991. Vol. 60. No. 6. pp. 83-89. (In Russ.).

9. Burak, L.Ch., Sapach, A.N. Fermented food products using sea buckthorn fruits. Review. Chronos: Natural and technical sciences. 2021. Vol. 6. No. 4 (37). pp. 32-46. (In Russ.). DOI: 10.52013/2712-9691-37-4-5.

10. Vorontsova, A.V., Checheneshkina, O.Y. Sea buckthorn fruit products are a source of antioxidants. In the book: Student science is the first step towards digitalization of agriculture. Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Chuvash State Agrarian University. In 3 parts. Cheboksary, 2021. pp. 229-230. (In Russ.).

Information about the authors

K.E. Shevchenko - junior research assistant at the Laboratory of Microbiology of Milk and Dairy Products of the Siberian Scientific Research Institute of Cheese-Making of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies.

R.V. Dorofeev - candidate of agricultural sciences, Senior researcher at the Laboratory of Microbiology of Milk and Dairy Products of the Siberian Scientific Research Institute of Cheese-Making of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies.

J.M. Trubitsyna - junior research assistant at the Laboratory of Microbiology of Milk and Dairy Products of the Siberian Scientific Research Institute of Cheese-Making of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies.

E.A. Kashlakova - engineer at the Laboratory of Microbiology of Milk and Dairy Products of the Siberian Scientific Research Institute of Cheese-Making of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies.