

# ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСОРЦИУМОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ В СЫРОДЕЛИИ\*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**Дарья Юрьевна Чекушкина**, аспирант, лаборант-исследователь лаборатории биотестирования природных нутрицевтиков  
E-mail: chekushkina02@mail.ru

**Ирина Сергеевна Миленьева**, д-р техн. наук, заведующий лабораторией биотестирования природных нутрицевтиков  
E-mail: irazumnikova@mail.ru

**Анастасия Михайловна Федорова**, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории биотестирования природных нутрицевтиков  
E-mail: anastasija.fedorova-af2014@yandex.ru

**Лариса Александровна Проскуракова**, д-р биол. наук, профессор, заведующий кафедрой психологии и общей педагогики  
E-mail: lora-al@yandex.ru

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Ключевую роль в процессе сыроделия играют микроорганизмы, отвечающие за ферментацию молока и формирование органолептических свойств сыра. В последние годы растет интерес к использованию пробиотических штаммов бактерий для улучшения качества сыра и придания ему функциональных свойств. Целью исследования являлось изучение потенциала консорциумов на основе штаммов *Enterococcus faecium* JDC 86 (B-4054), *Lactobacillus acidophilus* 13 (B-2585), *Lactobacillus plantarum* B (B-11264) для дальнейшего потенциального их использования в сыроделии. В ходе работы оценены следующие параметры – устойчивость к антибиотикам, антимикробная активность по отношению к *Escherichia coli*, устойчивость к NaCl, способность к сквашиванию молока и кислотообразованию. Результаты исследования показали, что консорциумы B-4054:B-11264 (соотношение 1:1) и B-2585:B-11264 (1:1) антибиотикорезистентны и обладают антимикробной активностью против *E. coli*, способны к сквашиванию молока и кислотообразованию. Консорциум B-4054:B-11264 проявил наибольшую чувствительность к NaCl – при добавлении 2,0 % NaCl в питательную среду количество биомассы штамма в единицах оптической плотности снижалось в 1,5 раза, при добавлении 4,0 % – в 6,3 раза, а при добавлении 6,5 % – в 18,4 раза относительно контроля. Биомасса консорциума B-2585:B-11264 в единицах оптической плотности при добавлении 2,0 % NaCl снижалась в 1,01 раза, при 4,0 % NaCl – в 1,7 раза, при 6,5 % – в 8,5 раза. Полученные результаты формировали гипотезу о возможности перспективного использования полученных консорциумов в производстве сыров функционального назначения, но необходимы дополнительные исследования потенциала консорциумов.

**Ключевые слова:** микроорганизмы, консорциум, кислотообразование, сквашивающая способность, антибиотикорезистентность, антимикробная активность, сыр

**Для цитирования:** Перспективы использования консорциумов молочнокислых пробиотических бактерий в сыроделии / Д. Ю. Чекушкина, И. С. Миленьева, А. М. Федорова, Л. А. Проскуракова // Молочная промышленность. 2026. № 3. С. 66–72. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2026-3-90>

## ВВЕДЕНИЕ

Ключевую роль в процессе сыроделия играют микроорганизмы, отвечающие за ферментацию молока и формирование органолептических свойств сыра. В последние годы наблюдается интерес к использованию пробиотических штаммов бактерий для придания сырам функциональных свойств. Пробиотики и консорциумы на их основе благоприятно влияют на микрофлору кишечника потребителя, улучшая пищеварение и иммунный ответ. Это способствует снижению риска развития ряда заболеваний, включая дисбактериоз, аллергические реакции и воспалительные процессы [1].

Применение моноштаммовых заквасок не всегда обеспечивает полноту биохимических процессов, протекающих в сырной массе, и стабильность показателей качества готового продукта [2]. В этой связи закономерным этапом развития исследований является переход от изучения индивидуальных свойств штаммов к формированию их целенаправленных сочетаний, т. е. консорциумов. Объединение микроорганизмов с взаимодополняющими характеристиками позволяет усилить интенсивность ферментационных процессов, обеспечить более равномерное протекание протеолиза и липолиза, а также

\*Работа выполнена в рамках государственного задания (проект FZSR-2024-0008) с использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы анализа в области прикладной биотехнологии» на базе КемГУ.

повысить устойчивость бактерий в процессе созревания сыра [3]. Дополнительно следует отметить, что создание эффективных консорциумов предполагает учет биосовместимости входящих в их состав штаммов. Взаимодействие между штаммами, в т. ч. обмен продуктами метаболизма и взаимодополняющее протекание протеолитических и липолитических процессов, способствует повышению устойчивости микроорганизмов к технологическим нагрузкам – высокой концентрации соли, снижению pH и недостатку влаги в период созревания сыра [4, 5].

Консорциумы бактерий, состоящие из нескольких штаммов, взаимодействующих в симбиозе, представляют собой перспективный инструмент для создания функциональных молочных продуктов, в частности сыров. Синергетический эффект таких консорциумов может способствовать более эффективной ферментации молока, а также улучшению органолептических характеристик сыра – вкуса, текстуры и срока хранения. Добавление пробиотических культур в состав сыра не только повышает его ценность, но и расширяет перспективы разработки функциональных продуктов [6]. В России рынок молочной продукции демонстрирует устойчивый рост спроса на сыры, обогащенные пробиотическими культурами, что обусловлено повышенным вниманием потребителей к функциональному питанию и оздоровлению организма [7]. Вместе с тем внедрение пробиотических консорциумов в технологии сыроделия сопровождается определенными трудностями, включая необходимость сохранения жизнеспособности микроорганизмов в период созревания и их возможное воздействие на органолептические свойства продукта. В этой связи актуальность приобретает создание консорциумов, способных обеспечивать стабильную активность и эффективность пробиотиков в составе сыра [8].

Ранее авторами данной статьи при изучении потенциала определенных штаммов молочнокислых бактерий [9] была выдвинута гипотеза о том, что в сыроделии возможно целесообразно использовать консорциумы на основе штаммов *Enterococcus faecium* JDC 86 (B-4054), *Lactobacillus acidophilus* 13 (B-2585), *Lactobacillus plantarum* B (B-11264).

Представители рода *Enterococcus*, включая *E. faecium*, по современным классификационным признакам относятся к группе молочнокислых бактерий, т. к. входят в порядок *Lactobacillales* и обладают характерным метаболизмом молочнокислого брожения.

Следовательно, имеется научный интерес в использовании данных штаммов в пищевой промышленности [10]. В ходе проведенного авторами литературного обзора была найдена работа, в которой *E. faecium* – пробиотический штамм использовался в качестве закваски для сыра. Данный штамм обладал устойчивостью к низким температурам, высокой кислотности, обеспечивая тем самым стабильность ферментации и сохранение жизнеспособности в процессе производства и хранения сыра. Также *E. faecium* продуцировал метаболиты – диацетил, и низкомолекулярные жирные кислоты, участвующие в формировании вкуса и аромата сыров [11].

*E. faecium* для производства молочных продуктов в нашей стране не используется, и этот микроорганизм считается одним из санитарно-показательных, характеризующих санитарное состояние производства, но за рубежом данный штамм используется в качестве заквасок.

**Целью исследования** являлось изучение потенциала консорциумов на основе штаммов *Enterococcus faecium* JDC 86 (B-4054), *Lactobacillus acidophilus* 13 (B-2585), *Lactobacillus plantarum* B (B-11264) для дальнейшего потенциального их использования в сыроделии.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования осуществлялись с использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы анализа в области прикладной биотехнологии» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (г. Кемерово, Россия).

Объектами исследования являлись консорциумы, созданные на основе штаммов *Enterococcus faecium* JDC 86 (B-4054), *Lactobacillus acidophilus* 13 (B-2585), *Lactobacillus plantarum* B (B-11264), приобретенных в ВКПМ ФГБУ «ГосНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» (Россия). В ранее проведенных авторами исследованиях [9] установлено, что штаммы B-4054, B-2585, B-11264 биосовместимы друг с другом, что важно при создании консорциумов. На основе полученных данных составлены три комбинации консорциумов в соотношении 1:1 [12]: № 1 – B-4054:B-2585, № 2 – B-4054:B-11264, № 3 – B-2585:B-11264.

Штамм *L. plantarum* 47/7 (B-3242) являлся контролем, т. к. он используется в качестве закваски при приготовлении сыров [13].

Устойчивость исследуемых консорциумов к антибиотикам оценивали диско-диффузионным методом. В работе использовались диски со следующими антибиотиками: азитромицином (APH, 15 мкг), цефалексином (CXN, 30 мкг), гентамицином (HLG, 120 мкг), стрептомицином (HLS, 300 мкг) и тетрациклином (TET, 30 мкг). В качестве отрицательного контроля использовался диск, пропитанный стерильной дистиллированной водой. Интерпретация результатов проводилась по МУ 2.3.2.2789-10.

Антимикробная активность исследуемых консорциумов оценивалась по отношению к *Escherichia coli*, которая выбрана в качестве санитарно-показательного микроорганизма, с помощью метода диффузии из лунок в агаре. Положительным контролем являлся диск с антибиотиком доксициклином (DOX, 30 мкг), отрицательным контролем – диск, пропитанный стерильной дистиллированной водой.

Устойчивость консорциумов к хлориду натрия (NaCl) в концентрациях 2; 4; 6,5 % (от объема питательной среды) оценивали по методике ОФС 1.7.2.0012.15. Посев проводили внесением 5 % суспензии штамма (мутностью 0,5 McF) от объема питательной среды, содержащей различное количество соли. Культивирование осуществляли в течение 24 ч при 37 °С – в стационарных условиях. По истечению 24 ч оценивали изменения прироста биомассы консорциумов в единицах оптической плотности при длине волны 600 нм. Прирост биомассы сравнивали с контрольными образцами, культивируемыми без добавления NaCl.

Способности бактерий к сквашиванию молока и кислотообразованию определяли по методике ОФС.1.7.2.0009.15 и ГОСТ 3624-92. Штаммы выращивали на стерильном обезжиренном молоке – односуточную культуру исследуемого штамма засеивали в стерильное обезжиренное молоко из расчета 3–5 % посевного материала к объему молока. Образцы помещали в термостат и инкубировали при температуре 37 °С в течение 2–3 суток. Контрольные образцы молока выдерживались при температурах в 30, 37, 40 °С в течение 2–3 суток. Указанные условия использовались для определения предела кислотообразующей способности исследуемых консорциумов и не соответствуют технологическим режимам производства кисломолочных продуктов.

Все работы осуществлялись в стерильных условиях ламинарного бокса БАВп-01-«Ламинар-С»-1,5 (ЗАО «Ламинарные системы», Россия). Культивирование осуществлялось в инкубаторе лабораторном микробиологическом ИЛМ-170-01 «Ламинар-С» (ЗАО «Ламинарные системы», Россия). Для получения стерильной посуды использовался стерилизатор суховоздушный Binder RE115 Solid.Line (BINDER GmbH, Германия), для получения стерильной питательной среды и для утилизации отходов – стерилизатор паровой вертикальный автоматический СПВА-75-1-НН (АО «Транс-Сигнал», Россия).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Жизнеспособность устойчивых культур во время антибиотикотерапии способствует поддержанию колонизационной резистентности кишечной микробиоты и уменьшает вероятность развития дисбиотических нарушений. Таким образом, анализ антибиотикорезистентности пробиотических микроорганизмов рассматривается как необходимый этап при создании эффективных и безопасных биопрепаратов [14]. В работе [15] С. И. Артюхова и соавторы подчеркивают, что естественная устойчивость молочнокислых бактерий к антибактериальным препаратам выступает одним из ключевых параметров при отборе пробиотических

Источник изображения: freerik.com



штаммов. Резистентность к антибиотикам имеет генетическую природу и может существенно различаться как между разными видами, так и внутри одного вида – на уровне отдельных штаммов. В связи с чем в данном исследовании изучали наличие / отсутствие устойчивости консорциумов к действию различных антибиотиков.

Результаты антибиотикорезистентности исследуемых консорциумов представлены в таблице 1.

В ходе проведенных исследований установлено, что отрицательный контроль закономерно не проявил подавляющее действие к росту штамма и консорциумов. В данной работе устойчивость консорциумов сравнивалась с устойчивостью, которую проявлял штамм В-3242.

Консорциум № 1 характеризовался наибольшей устойчивостью среди исследуемых консорциумов. Устойчивость консорциума № 1 выше в 1,3 раза к антибиотикам АРН и ТЕТ, в 4,6 раза выше к СХН, в 2,0 раза выше к НЛГ в сравнении с контролем. Устойчивость HLS отличалась от устойчивости контроля менее чем в 1,1 раза, что указывает на сохранение чувствительности к антибиотику на уровне контрольного штамма. В сравнении с контролем устойчивость консорциума № 2 в 1,2 раза выше к антибиотикам АРН и ТЕТ, в 3,6 раза к СХН и в 1,9 раза выше к НЛГ. По отношению к HLS наблюдалось увеличение зоны ингибирования примерно в 1,9 раза, что свидетельствует о снижении устойчивости к данному антибиотику. По сравнению с контролем устойчивость консорциума № 3 выше в 1,7 раза к АРН, в 3,1 раза выше к СХН, в 2,0 раза выше к НЛГ, в 1,4 раза выше к ТЕТ. При этом по отношению к HLS наблюдалось увеличение зоны инги-

бирования примерно в 1,4 раза, что говорит о высокой чувствительности в данном антибиотику.

В работе С. А. Кишиловой и др. сделан вывод о важности наличия антимикробной активности у молочнокислых бактерий, т. к. это способствует защите кисломолочных продуктов от развития посторонней микрофлоры [16]. Результаты антимикробной активности по отношению к *E. coli* представлены в таблице 2.

Положительный контроль проявил антимикробную активность с диаметром зоны ингибирования 10,0 мм, что служит подтверждением чувствительности штамма *E. coli* к антибиотику. Отрицательный контроль не проявил антимикробной активности. У консорциума № 1 диаметр зоны подавления превышал контроль в 1,25 раза, что указывает на наличие ингибирующего эффекта, сопоставимого с действием DOX. Консорциум № 2 продемонстрировал наибольшую активность. Зона подавления составляла  $15,0 \pm 0,3$  мм, что превышает контрольный показатель в 1,9 раза и действие DOX в 1,5 раза. Консорциум № 3 также продемонстрировал высокую активность: диаметр зоны подавления выше контроля в 1,8 раза и в 1,4 раза выше DOX.

По результатам исследования установлено, что консорциумы № 2 и № 3 обладали антимикробной активностью относительно *E. coli*, что может свидетельствовать о их потенциале для использования в молочной промышленности для повышения микробиологической безопасности продуктов. Антимикробную активность можно исследовать на неограниченном количестве тест-штаммов. Одним из таких штаммов является *E. coli* как санитарно-показательный микроорганизм. Использование одного

**Таблица 1. Антибиотикорезистентность исследуемых консорциумов**

Образец	Зона ингибирования (с учетом диаметра диска 6,0 мм), мм					
	АРН, 15 мкг	СХН, 30 мкг	НЛГ, 120 мкг	HLS, 300 мг	ТЕТ, 30 мг	Вода
№ 1	$30,0 \pm 0,5$	$14,0 \pm 0,5$	$21,5 \pm 0,6$	$15,0 \pm 1,0$	$18,2 \pm 0,6$	$6,0 \pm 0,0$
№ 2	$32,0 \pm 1,0$	$18,0 \pm 1,1$	$23,5 \pm 1,0$	$28,2 \pm 3,0$	$19,0 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,0$
№ 3	$22,5 \pm 1,0$	$21,0 \pm 1,0$	$22,0 \pm 0,5$	$21,8 \pm 1,0$	$17,0 \pm 0,5$	$6,0 \pm 0,0$
В-3242 (контроль)	$38,7 \pm 5,0$	$65,0 \pm 5,0$	$43,6 \pm 2,1$	$15,1 \pm 1,0$	$23,4 \pm 1,5$	$6,0 \pm 0,0$

**Таблица 2. Антимикробная активность исследуемых консорциумов по отношению к *Escherichia coli***

Образец	Антимикробная активность (с учетом диаметра лунки 8,0 мм), мм					
	№ 1	№ 2	№ 3	В-3242 (контроль)	DOX, 30 мкг	Вода
<i>E. coli</i> В-6645	$10,0 \pm 0,8$	$15,0 \pm 0,3$	$14,1 \pm 0,5$	$8,0 \pm 0,2$	$10,0 \pm 0,8$	$8,0 \pm 0,3$

тест-штамма ограничивает полноту оценки анти-микробного потенциала консорциумов, но в данной работе была поставлена задача оценить антимикробный потенциал только по отношению к *E. coli*.

В работе [17] авторы анализируют технологические особенности производства мягких сыров с учетом роли микробиологических процессов, определяющих формирование структуры и органолептических характеристик продукта. В работе установлено, что одним из ключевых факторов, влияющих на интенсивность созревания и качество сырной массы, является активность заквасочной микрофлоры, развитие которой зависит от физико-химических параметров среды, в т. ч. содержания поваренной соли. С учетом многообразия способов посолки и варибельности массовой доли соли в мягких сырах интерес представляет оценка прироста биомассы микробных консорциумов при культивировании в присутствии различного объема соли. Показатели прироста биомассы отражают адаптационный потенциал культур к осмотическому стрессу и позволяют прогнозировать их активность в условиях производства сыров различной солености. Таким образом, исследование влияния различного объема соли на рост и биомассу микробных консорциумов является важным этапом при разработке новых видов мягких сыров. Результаты исследования по определению устойчивости объектов исследования к повышенным содержаниям соли представлены в таблице 3.

Из данных, представленных в таблице 3, видно, что добавление NaCl в питательную среду влияет на прирост биомассы штаммов, и этот эффект варьируется в зависимости от состава консорциума. Для консорциумов № 1, № 2 и № 3 добавление NaCl в питательную среду снижало прирост биомассы. Наблюдался доза-зависимый эффект. При добавлении 2,0 % NaCl прирост биомассы в единицах оптической плотности консорциума № 1 снижался в 1,02 раза, при добавлении 4,0 % NaCl – в 1,09 раза, при добавлении 6,5 % NaCl наблюдалось резкое угнетение роста,

оптическая плотность снижалась в 4,8 раза относительно контроля. Консорциум № 2 продемонстрировал наибольшую чувствительность к соли в сравнении с другими консорциумами. При добавлении 2,0 % NaCl прирост биомассы в единицах оптической плотности снижался в 1,5 раза, при добавлении 4,0 % NaCl – в 6,3 раза, при добавлении 6,5 % NaCl – в 18,4 раза относительно контроля. При добавлении 2,0 % NaCl прирост биомассы в единицах оптической плотности консорциума № 3 снижался в 1,01 раза, при добавлении 4,0 % NaCl – в 1,7 раза, при добавлении 6,5 % NaCl – в 8,5 раза, что свидетельствует о средней степени солеустойчивости. Штамм В-3242 практически не реагировал на 2,0 % NaCl (снижение в 1,01 раза), при 4,0 % отмечалось умеренное угнетение роста в 1,3 раза, а при 6,5 % оптическая плотность снижалась в 1,9 раза. Данные результаты свидетельствуют о его высокой устойчивости к солевому стрессу. Сравнительный анализ с контрольными питательными средами показал, что консорциумы № 1 и № 3 проявляют наибольшую устойчивость к действию NaCl, демонстрируя лишь минимальное снижение роста. Консорциум № 2 оказался наиболее чувствительным к NaCl.

Оценка способности консорциумов молочнокислых бактерий к сквашиванию молока и кислотообразованию является одним из ключевых критериев их технологической пригодности при разработке функциональных и пробиотических продуктов. Подчеркивается, что процессы сквашивания обусловлены метаболической активностью микроорганизмов, способных сбраживать лактозу с образованием молочной кислоты, что приводит к снижению pH среды и коагуляции молочного белка [18, 19]. Интенсивность кислотообразования отражает уровень ферментативной активности культур и эффективность функционирования их ферментных систем. Повышение титруемой и активной кислотности в процессе ферментации свидетельствует о высокой скорости утилизации лактозы и активной работе ключевых ферментов углеводного обмена.

**Таблица 3. Значения прироста биомассы консорциумов, культивируемых в присутствии различного объема соли**

Образец	Оптическая плотность (600 нм), ед. прибора			
	Контроль (без NaCl)	NaCl 2,0 %	NaCl 4,0 %	NaCl 6,5 %
№ 1	1,600 ± 0,002	1,560 ± 0,015	1,467 ± 0,001	0,336 ± 0,018
№ 2	2,100 ± 0,007	1,415 ± 0,309	0,331 ± 0,147	0,114 ± 0,001
№ 3	1,210 ± 0,002	1,194 ± 0,015	0,701 ± 0,005	0,142 ± 0,004
В-3242 (контроль)	1,063 ± 0,017	1,053 ± 0,032	0,824 ± 0,029	0,551 ± 0,030



Источник изображения: freerik.com

При обсуждении технологической ценности исследуемых консорциумов принципиальное значение имеет сопоставление показателей времени сквашивания, динамики снижения pH и уровня накопленной титруемой кислотности. Результаты оценки способности консорциумов к сквашиванию молока и кислотообразованию представлены в таблице 4.

Контрольные образцы молока не образовывали сгусток, pH оставалась нейтральной.

Наиболее выраженная кислотообразующая активность отмечалась у консорциума № 1: титруемая

кислотность превышала показатели контрольных образцов молока примерно в 8 раз, сопровождаясь снижением pH до 3,51. Это указывает на накопление органических кислот и высокую ферментативную активность. Консорциум № 2 демонстрировал наименьшую активность среди консорциумов: титруемая кислотность превышала контроль примерно в 6,7 раза. У консорциума № 3 титруемая кислотность выше показателей контрольных образцов примерно в 7,3 раза. Штамм В-3242 не проявлял способности к сквашиванию молока, сгусток не образовывался. Титруемая кислотность незначительно отличалась от контрольных образцов (в 1,1 раза выше), а значения pH оставались близкими к нейтральным.

Полученные значения кислотности являются повышенными и характеризуют предельную кислотообразующую способность исследуемых консорциумов.

## ВЫВОДЫ

В ходе исследования оценивался потенциал консорциумов на основе штаммов *Enterococcus faecium* JDC 86 (В-4054), *Lactobacillus acidophilus* 13 (В-2585), *Lactobacillus plantarum* В-11264: № 1 – В-4054:В-2585, № 2 – В-4054:В-11264, № 3 – В-2585:В-11264 в соотношении 1:1. Установлено, что консорциумы № 2 и № 3 проявляли высокую устойчивость к антибиотикам, антимикробную активность по отношению к штамму *Escherichia coli*, что свидетельствует о возможном улучшении микробиологической безопасности молочных продуктов. Устойчивость консорциумов к различным концентрациям хлорида натрия дает возможность их применения в производстве сыров с различной соленостью. Консорциумы способны сквашивать молоко. Полученные результаты позволяют сформировать гипотезу о потенциальной пригодности консорциумов в сыроделии.

**Таблица 4. Оценка способности консорциумов к сквашиванию молока и кислотообразованию**

Образец	Наличие сгустка	Титруемая кислотность, °Т	pH
№ 1	+	200,80 ± 62,00	3,51 ± 0,01
№ 2	+	170,20 ± 12,73	4,90 ± 0,16
№ 3	+	187,90 ± 11,05	4,10 ± 0,05
В-3242 (контроль)	-	29,00 ± 5,80	6,70 ± 0,01
Образец молока (30 °С)	-	25,55 ± 1,34	6,71 ± 0,01
Образец молока (37 °С)	-	25,47 ± 0,20	6,65 ± 0,06
Образец молока (40 °С)	-	25,45 ± 0,21	6,65 ± 0,06

Примечание: «+» – наличие сгустка; «-» – отсутствие сгустка.

Дальнейшие исследования будут заключаться в оптимизации соотношений штаммов при создании консорциума для улучшения технологических процессов в производстве сыра и других функциональных молочных / кисломолочных продуктах.

Для штамма *E. JDC 86* (B-4054) будет дополнительно оценена безопасность (включая анализ факторов вирулентности и переносимости генов антибиотикорезистентности). ■

Поступила в редакцию: 06.03.2026

Принята в печать: 05.05.2026

## LACTIC ACID PROBIOTIC BACTERIAL CONSORTIA IN CHEESE PRODUCTION

Daria Yu. Chekushkina, Irina S. Milentyeva, Anastasia M. Fedorova, Larisa A. Proskuryakova

Kemerovo State University, Kemerovo

### ORIGINAL ARTICLE

Milk fermentation and cheese sensory profiles depend on microbial activities. Probiotic bacterial strains improve cheese quality and impart specific functional properties to the final product. This article describes the effect of microbial consortia based on *Enterococcus faecium* JDC 86 (B-4054), *Lactobacillus acidophilus* 13 (B-2585), and *Lactobacillus plantarum* B (B-11264) on cheese. The study evaluated the following parameters: antibiotic resistance, antimicrobial activity against *Escherichia coli*, NaCl tolerance, milk-curdling ability, and acidification. The B-4054:B-11264 (1:1 ratio) and B-2585:B-11264 (1:1 ratio) consortia proved to be antibiotic-resistant and exhibited antimicrobial activity against *E. coli* while maintaining milk-curdling and acidification capabilities. The B-4054:B-11264 consortium demonstrated the highest sensitivity to NaCl: 2.0% NaCl in the nutrient medium decreased the biomass (in optical density units) by a factor of 1.5, 4.0% NaCl by a factor of 6.3, and 6.5% NaCl by a factor of 18.4. In contrast, 2.0% NaCl reduced the biomass of the B-2585:B-11264 consortium by a factor of 1.01, 4.0% NaCl by a factor of 1.7, and 6.5% NaCl by a factor of 8.5. These consortia showed great promise for functional cheese production but require further research.

**Keywords:** microorganisms, consortium, acid formation, fermenting ability, antibiotic resistance, antimicrobial activity, cheese

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vesnina, A. D. Gut microbiota and its role in development of chronic disease and aging / A. D. Vesnina [et al.] // Foods and Raw Materials. 2026. Vol. 14(1). P. 174–197. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2026-1-668>
2. Settanni, L. Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health benefits / L. Settanni, G. Moschetti // Food Microbiology. 2010. Vol. 27(6). P. 691–697. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.023>
3. Ouwehan, A. C. Probiotics: an overview of beneficial effects / A. C. Ouwehan, S. Salminen, E. Isolauri // Antonie van Leeuwenhoek. 2002. Vol. 82(1–4). P. 279–289.
4. Шендеров, Б. А. Инновационные продукты и ингредиенты-драйверы молочного рынка / Б. А. Шендеров // Молочная промышленность. 2013. № 6. С. 62–66. <https://elibrary.ru/qbxoeb>
5. Leroy, F. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry / F. Leroy // Trends in Food Science & Technology. 2004. P. 67–78. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2003.09.004>
6. Стоянова, Л. Г. Метабиотические свойства штаммов *Lactobacillus acidophilus*, входящих в комплексные закваски для производства пробиотических молочных продуктов / Л. Г. Стоянова, С. Д. Дбар, И. С. Полянская // Биотехнология. 2022. Т. 38. № 1. С. 3–12. <https://doi.org/10.56304/S0234275822010070>; <https://elibrary.ru/bimhwp>
7. Ganesan, B. Probiotic bacteria survive in Cheddar cheese and modify populations of other lactic acid bacteria / B. Ganesan [et al.] // Journal of applied microbiology. 2014. Vol. 116(6). P. 1642–1656. <https://doi.org/10.1111/jam.12482>
8. Семенихина, В. Ф. Биотехнология кисломолочных продуктов и препаратов с пробиотическими свойствами / В. Ф. Семенихина [и др.] // Молочная промышленность. 2016. № 7. С. 57–58. <https://elibrary.ru/wayuzn>
9. Фролова, А. С. Потенциал молочнокислых бактерий-пробиотиков с перспективой их использования в сыроделии / А. С. Фролова [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2025. № 4. С. 70–76. <https://doi.org/10.21603/2073-4018-2025-4-35>; <https://elibrary.ru/zupiug>
10. Darkevicius, M. De L. E. Current trends of enterococci in dairy products: A comprehensive review of their multiple roles / M. De L. E. Darkevicius [et al.] // Foods. 2021. Vol. 10(4). Art. no. 821. <https://doi.org/10.3390/foods10040821>
11. Суходолец, В. В. Молочнокислые энтерококки *Enterococcus faecium* и *Enterococcus durans*: разнообразие в последовательностях нуклеотидов в генах 16S рРНК / В. В. Суходолец [и др.] // Микробиология. 2005. № 6(74). С. 810–815. <https://elibrary.ru/hsjjwj>
12. Веснина, А. Д. Получение пробиотического консорциума на основе выделенных из коровьего молока штаммов / А. Д. Веснина [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 2(42). С. 107–122. [https://doi.org/10.52231/2225-4269\\_2021\\_2\\_107](https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_2_107); <https://elibrary.ru/yxajjk>
13. Zare, D. The benefits and applications of *Lactobacillus plantarum* in food and health: A narrative review / D. Zare [et al.] // Iranian journal of public health. 2024. Vol. 53(10). P. 2201–2213. <https://doi.org/10.18502/ijph.v53i10.16698>
14. Gueimonde, M. Antibiotic resistance in probiotic bacteria / M. Gueimonde [et al.] // Frontiers in microbiology. 2013. Vol. 4. Art. no. 202. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00202>
15. Артюхова, С. И. Значение исследований природной устойчивости молочнокислых бактерий и бифидобактерий к антибиотикам при разработке новых видов биопродуктов / С. И. Артюхова, Г. С. Поночевная, А. А. Свешникова // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 8-1. С. 96–97. <https://elibrary.ru/shhrwx>
16. Кишилова, С. А. Современные биотехнологические решения в области использования молочнокислых бактерий для молочной промышленности: от селекции штаммов до пробиотических продуктов / С. А. Кишилова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55, № 3. С. 624–633. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-3-2596>; <https://elibrary.ru/zvwsdn>
17. Мироненко, И. М. Мягкие сыры. Ассортимент и технологические особенности / И. М. Мироненко, Д. А. Усатюк // Сыроделие и маслоделие. 2015. № 4. С. 36–40. <https://elibrary.ru/ubvtxf>
18. Боровик, Т. Э. Сквашенные молочные продукты в питании детей раннего возраста в Российской Федерации: прошлое и настоящее / Т. Э. Боровик [и др.] // Вопросы современной педиатрии. 2016. Т. 15, № 6. С. 556–561. <https://doi.org/10.15690/vsp.v15i6.1651>; <https://elibrary.ru/xehokl>
19. Casarotti, S. N. Influence of the combination of probiotic cultures during fermentation and storage of fermented milk / S. N. Casarotti [et al.] // Food Research International. 2014. Vol. 59. P. 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.068>