

Ректор Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Воронежский государственный
университет инженерных технологий»,

Н.И. Репников



« 1 » августа 2026 г.

ведущей организации – Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Воронежского государственного университета инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)) на диссертационную работу **Локачук Марины Николаевны** на тему: «Исследования микробиома заквасок и разработка микробного консорциума для совершенствования технологии хлебобулочных изделий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 4.3.5 – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ и 4.3.3 – Пищевые системы.

Продовольственная безопасность является одним из приоритетных направлений государственной политики Российской Федерации, что находит отражение в целом ряде стратегических документов и программных инициатив. В соответствии с ними, первоочередными задачами являются обеспечение населения качественной и безопасной пищевой продукцией. Хлебобулочные изделия, занимающие ключевое место в рационе питания всех категорий населения, требуют комплексного подхода к обеспечению качества, что обусловлено многоступенчатыми технологиями и сложным микробным составом полуфабрикатов.

Традиционные способы приготовления хлебобулочных изделий из ржаной муки основаны на применении заквасок, что обусловлено спецификой хлебопекарных свойств данного вида сырья. Неотъемлемой частью этих технологий является применение заквасок с направленным культивированием микроорганизмов, что позволяет эффективно управлять технологическими процессами на хлебопекарных предприятиях. Внесение чистых культур заквасочных микроорганизмов в водно-мучную питательную смесь оказывает существенное влияние на протекание биохимических

процессов как в самих заквасках, так и в тесте, что в конечном итоге способствует получению высококачественных хлебобулочных изделий.

Несмотря на широкое применение заквасок на отечественных хлебопекарных предприятиях, к настоящему времени остается нерешенным ряд актуальных вопросов. В частности, не определена видовая принадлежность промышленноценных штаммов молочнокислых бактерий, входящих в состав отечественных стартовых микробных консорциумов. Кроме того, динамика микробиома заквасок в процессе их длительного ведения с использованием современных молекулярно-генетических методов остается недостаточно исследованной. Отсутствуют данные по микробному составу и безопасности, полученные с помощью метагеномных методов исследования, для отечественных заквасок спонтанного брожения, применяемых в пекарнях, что не позволяет оценить влияние сформировавшихся микробных сообществ на показатели качества и безопасности хлеба.

Исследование микробиома зрелых заквасок позволит выделить новые штаммы молочнокислых бактерий, способные сохраняться в процессе длительного ведения заквасок и разработать новые отечественные микробные консорциумы для совершенствования технологии хлебобулочных изделий и повышения их качества и безопасности. Представленная диссертационная работа восполняет существующий пробел в области микробиологии хлебопечения, обеспечивая экспериментально подтвержденные данные, имеющие прикладное значение для разработки новых микробных консорциумов. Полученные результаты могут быть применены для оптимизации и стандартизации процесса ведения заквасок и прогнозирования стабильности качества хлебобулочных изделий.

С учетом вышеизложенного, диссертационная работа Локачук Марины Николаевны, направленная на разработку микробного консорциума для совершенствования технологии хлебобулочных изделий, является своевременной и актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

При постановке цели исследования и формировании комплекса задач для ее реализации в диссертационной работе проанализированы научные труды ведущих отечественных и зарубежных ученых (143 источника, из которых 114 – иностранных), посвященные исследованию микробиома заквасок спонтанного брожения и с направленным культивированием микроорганизмов, преимуществ применения заквасочных технологий при выработке хлеба. Обзор литературы охватывает актуальные зарубежные и отечественные источники по теме исследования, что подтверждает глубокое понимание автором современного состояния вопроса.

Диссертационная работа выполнена на современном методическом уровне, объем экспериментальных данных является достаточным для обоснования выводов. В процессе исследования применялись современные методы, в том числе метагеномное высокопроизводительное секвенирование,

что позволило впервые исследовать динамику микробиома отечественных заквасок в процессе их длительного ведения. Применяемые методы соответствуют актуальным требованиям к исследованиям в области биотехнологии, микробиологии, технологии хлебобулочных изделий, что позволяет подтвердить высокую степень достоверности полученных результатов. Достоверность и воспроизводимость полученных результатов исследований подтверждается многократной повторностью экспериментов и статистической обработкой данных, обеспечивающих надежность выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе.

Основные научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, получили апробацию на ряде научных мероприятий, в том числе международных научно-практических конференциях, получив профессиональную оценку. Высокий уровень научной значимости и актуальности проведенного исследования подтверждается публикацией 13 печатных работ, из которых 8 статей – в рецензируемых научных изданиях ВАК Министерства науки и высшего образования, 2 – в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus. Такой объем публикационной активности свидетельствует о признании исследования научным сообществом.

Исследования были выполнены в рамках государственного задания №25932014-0018 «Разработать научные основы формирования микробных композиций и биосистем на их основе, обеспечивающих высокое качество и безопасность хлебобулочных изделий» и гранта РФФИ № 19-016-00085 «Исследование видового разнообразия и симбиотических взаимодействий в микробиомах крахмало-белковых гидроколлоидных систем (хлебных заквасок)».

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке нового консорциума на основе молочнокислых бактерий и дрожжей, способствующего улучшению показателей качества ржаного хлеба. Проведена реидентификация промышленноценных штаммов лактобацилл, применяемых для приготовления отечественных хлебных заквасок. Получены данные о таксономическом разнообразии бактериального микробиома отечественной ржаной муки. Впервые охарактеризованы сукцессионные процессы, происходящие в микробных сообществах при длительном ведении отечественных ржанных заквасок спонтанной ферментации и с направленным культивированием микроорганизмов. Выделен из заквасок высокоактивный штамм лактобацилл вида *Fructilactobacillus franciscensis*, на основе которого разработан новый микробный консорциум. Показано, что применение густой ржаной закваски на новом микробном консорциуме способствует улучшению физико-химических и органолептических показателей, замедлению черствения и повышению устойчивости к микробной порче хлебобулочных изделий.

Практическая значимость работы подтверждается разработкой технологических инструкций: по производству микробного консорциума и приготовлению ржаной закваски «Деревенская» на его основе; результатами

промышленной апробации в условиях предприятий ООО «Опытный хлебозавод» (г. Москва) и ООО «Здоровый хлеб» (г. Санкт-Петербург). Промышленные испытания густой ржаной закваски «Деревенская» на ряде предприятий подтвердили результаты лабораторных исследований, что позволило диссертанту разработать технологические инструкции.

Подана заявка на патент № 2025135487 от 12.12.2025 г. «Новые стартеры для ржаных заквасок и способ их применения».

Основные положения диссертации использованы при формировании специализированных образовательных программ и курсов повышения квалификации, реализуемых ФГАНУ НИИХП.

Личный вклад диссертанта заключается в сборе и анализе литературных данных, определении направления и формулировке задач исследований, планировании и проведении экспериментов, обобщении и анализе полученных результатов, их апробации, а также представлении в виде докладов и научных публикаций, оформлении диссертационной работы.

Соответствие диссертации и автореферата требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Локачук Марины Николаевны по структуре, оформлению и содержанию соответствует требованиям ВАК РФ, состоит из введения, обзора литературы, методической и экспериментальной частей, результатов исследований, выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 156 страницах, содержит 31 таблицы, 32 рисунка и 11 приложений.

Основные положения и содержание диссертационной работы Локачук Марины Николаевны подробно изложены и отражены в ее автореферате и печатных работах. Автореферат изложен на 24 страницах, включает 5 таблиц, 7 рисунков и содержит сведения о 13 публикациях по теме диссертации. В работах, опубликованных по материалам диссертации, отражены основные результаты проведенного исследования.

По оформлению и содержанию автореферат соответствует требованиям ВАК РФ и в полной мере освещает цель и задачи исследования.

Оценка содержания диссертации и её завершенности

Во введении обоснована актуальность темы исследований и проанализирована степень ее разработанности ведущими отечественными и зарубежными учеными, сформулированы цель и задачи исследований. В разделе изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, представлена методология исследований, выделены научные положения, выносимые на защиту, подтверждена достоверность результатов, показаны уровень апробации результатов работы и соответствие диссертации паспорту научной специальности.

В первой главе проведен всесторонний анализ научно-технической литературы, что позволило выявить пробелы в исследованиях и обосновать направление работы. Автором представлен анализ отечественных и зарубежных литературных источников, содержащих информацию об

основных группах микроорганизмов, доминирующих в заквасках, зарубежной классификации заквасок, стартовых микробных композициях для выведения ржанных заквасок. Приведены результаты зарубежных исследований, посвященных изучению динамики микробиома заквасок спонтанного брожения и с направленным культивированием микроорганизмов в процессе их ведения. Представлены основные факторы, влияющие на формирование заквасочного микробиома, дана характеристика молочнокислых бактерий вида *Fructilactobacillus sanfranciscensis*, доминирующего в зарубежных заквасках. Представленный обзор литературы заслуживает высокой оценки.

Обобщение и анализ научно-технической литературы позволили автору обосновать актуальность исследования, сформулировать цель и задачи для ее реализации.

Во второй главе представлена организация работы и структурная схема исследований. Приведены объекты и методы исследований, используемые в работе. Объектами исследований являлись семь промышленноценных штаммов молочнокислых бактерий из государственной коллекции культур микроорганизмов СПбФ ФГАНУ НИИХП; семь образцов муки ржаной обойной и обдирной, выработанные разными изготовителями; ржаные закваски с направленным культивированием микроорганизмов и спонтанного брожения (густые ржаные и жидкие ржаные без заварки), поддерживаемые в активном состоянии путем постоянных освежений; хлеб ржаной из обдирной муки; хлеб ржаной «Простой»; хлеб ржано-пшеничный заварной. Для идентификации коллекционных бактериальных штаммов и изолятов, выделенных из заквасок, использовали секвенирование 16S рРНК. Для определения качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий применяли общепринятые и специальные методы исследований. Оценку динамики состава микробных сообществ заквасок на протяжении всего периода ведения проводили с помощью метагеномного секвенирования. Скорость черствения хлеба, выработанного с применением закваски на новом микробном консорциуме, устанавливали с применением структурометра «СТ-2» в соответствии с ГОСТ Р 70085-2022.

В третьей главе детально изложены результаты исследований и представлен их анализ.

В разделе 3.1 представлены результаты исследования основных микробиологических показателей ржаной муки, применяемой в работе для приготовления заквасок, полученные классическими культуральными методами. Описаны результаты исследования микробного разнообразия муки, полученные культурально-независимыми методами. Автором установлено, что доля семейства *Lactobacillaceae* значительно варьирует между образцами муки, выработанными разными изготовителями.

В разделе 3.2 представлены результаты биохимической и молекулярно-генетической реидентификации и видовой принадлежности промышленноценных штаммов лактобацилл, применяемых в настоящее время в качестве стартовых культур для приготовления густой ржаной и

жидкой ржаной закваски без заварки по разводочному циклу на хлебопекарных предприятиях. Представлены исследования по влиянию изменения состава микробиома ржаных заквасок с направленным культивированием микроорганизмов на уровне семейства *Lactobacillaceae* в процессе их длительного ведения на физико-химические и микробиологические свойства полуфабрикатов и показатели качества ржаного хлеба. Установлено, что культуры лактобацилл, инокулированные в водно-мучную питательную смесь, не сохраняются в процессе ведения заквасок. Микробные сообщества заквасок демонстрируют значительные сдвиги в составе, что приводит к изменению их биотехнологических свойств и показателей качества хлеба.

В результате микробиологических исследований заквасок автором сделан вывод о необходимости подбора питательных сред для количественного учета лактобацилл в зрелых заквасках взамен сусло-агара, применяемого для микробиологического контроля хлебных заквасок.

В разделе 3.3 приведены результаты исследования влияния изменения таксономического состава микробиома заквасок спонтанного брожения на их биотехнологические свойства и показатели качества ржаного хлеба. В результате исследования динамики микробиома отечественных ржаных заквасок спонтанного брожения культурально-независимыми методами установлено, что в молодых заквасках преобладает «нежелательная» микробиота (бактерии семейств *Enterobacteriaceae*, *Erwiniaceae*, *Clostridiaceae*) и молочнокислые бактерии родов *Lactilactobacillus*, *Levilactobacillus*, *Weissella*, *Lactiplantibacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, которые в процессе последовательных освежений заквасок водно-мучной питательной смесью вытесняются лактобациллами видов *Fructilactobacillus sanfranciscensis*, *Limosilactobacillus pontis*, *Companilactobacillus paralimentarius*, которые становятся ведущими таксонами. Полученные результаты демонстрируют чёткую последовательную смену доминирующих микроорганизмов в ходе ведения заквасок, приводящую к улучшению их физико-химических, микробиологических и органолептических свойств.

Автором установлено, что молодые закваски спонтанного брожения (мене 7-10 суток) для выпечки хлеба не могут быть применены из-за наличия посторонней микробиоты и неудовлетворительных биотехнологических свойств, что демонстрирует необходимость применения чистых культур микроорганизмов для приготовления заквасок. Установлено, что зрелые закваски спонтанной ферментации длительного ведения имеют рекомендуемые физико-химические, микробиологические, органолептические свойства и могут быть применены для выработки хлебобулочных изделий, соответствующих требованиям нормативно-технической документации.

В разделе 3.4 проведена разработка нового микробного консорциума для приготовления ржаных заквасок на основе выделенного штамма лактобацилл с высокими биотехнологическими свойствами. Из густых

ржанных заквасок длительного ведения автором выделены изоляты молочнокислых бактерий, определены их морфологические и культуральные характеристики, а также биотехнологические свойства. Применение питательной среды San Francisco Medium Modified для микробиологического анализа заквасок взамен сусло-агара позволило автору выделить штамм вида *F. sanfranciscensis*, который ранее отсутствовал в российской коллекции микроорганизмов для хлебопекарной промышленности. В результате проведенных исследований выбран штамм *F. sanfranciscensis* B131, способствующий повышению титруемой кислотности закваски на 12-16 % и установлению рекомендуемого соотношения дрожжи: молочнокислые бактерии в конце I фазы разводочного цикла, что в совокупности способствует появлению выраженного заквасочного запаха с фруктовыми нотами. Установлено улучшение физико-химических и органолептических показателей закваски, выведенной с применением нового микробного консорциума, начиная с разводочного цикла.

В разделе 3.5 представлены результаты исследования влияния густой ржаной закваски «Деревенская» на новом микробном консорциуме на показатели качества хлеба ржаного и ржано-пшеничного заварного. Автором показано, что применение густой ржаной закваски «Деревенская» на основе гетероферментативного штамма *F. sanfranciscensis* B131 приводит к повышению содержания летучих кислот в хлебе, что оказывает положительное влияние на его вкус и запах. Автором установлено, что применение густой ржаной закваски позволяет ингибировать микробную порчу хлебобулочных изделий, вызванную плесневыми грибами и «дикими» дрожжами видов *C. fabianii* и *W. anomalus* – возбудителями меловой болезни. Диссертантом выявлено замедление скорости черствения ржаного хлеба, изготовленного на закваске «Деревенская», на 22,6 %, что в совокупности с ингибированием микробной порчи будет способствовать продлению сроков годности.

В разделе 3.6 разработаны технологическая схема приготовления и ведения ржаной закваски «Деревенская» на новом микробном консорциуме; технологическая схема производства хлеба из ржаной обдирной муки на густой ржаной закваске «Деревенская» для совершенствования технологии хлебобулочных изделий. Применение разработанного микробного консорциума позволит сократить технологический процесс за счет возможного перевода закваски I фазы разводочного цикла, обладающей высокими биотехнологическими свойствами, сразу в производственный цикл. Приведен расчет экономической эффективности.

Выводы по работе представляют собой логическое завершение и анализ результатов исследований. В выводах систематизированы основные результаты, которые соответствуют поставленным задачам и подтверждают достижение цели работы.

Таким образом, основные положения диссертации подтверждены результатами экспериментальных и опытно-промышленных работ, получили развернутое и содержательное обоснование в тексте диссертационной работе.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация Локачук М.Н. полностью соответствует паспорту научной специальности 4.3.5. «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ» (технические науки), в частности, пунктам:

3. Микробиология пищевых систем;

28. Пищевая экология, экологическая протеомика и микробиом,

а также паспорту научной специальности 4.3.3. «Пищевые системы», в частности, пункту:

4. «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Вопросы, замечания и рекомендации по диссертации

В целом, диссертация написана научным языком, хорошо иллюстрирована, заключения по разделам и выводы по работе соответствуют экспериментальному материалу, полученному диссертантом. При положительной оценке диссертации следует отметить некоторые замечания:

1) Ведущую роль в брожении заквасок играют молочнокислые бактерии и дрожжи. Однако в экспериментальной части приведено исследование динамики бактериального микробиома заквасок, а данные по изменению дрожжевого разнообразия заквасок не представлены. С учетом того, что доминирующие виды дрожжей могут оказывать влияние на биотехнологические свойства заквасок, данные по динамике грибного сообщества могли бы позволить получить более полное представление о микробиоме заквасок.

2) Через сутки брожения содержание молочнокислых бактерий в образцах жидких заквасок спонтанного брожения составляло $8,9 \lg \text{КОЕ/г}$ (от 8,6 до 9,1), что практически совпадало с их содержанием в зрелых заквасках. То есть уже через сутки ферментации содержание МКБ соответствует показателям, характерным для зрелой закваски, что требует объяснения.

3) В качестве тест-штаммов для заражения хлебозбудителями меловой болезни выбраны дрожжи видов *P. kudriavzevii*, *W. anomalus*, *S. fabianii*. Чем объяснен выбор именно этих видов дрожжей?

4) На стр. 117 указано «В результате исследования микробиома опытной закваски показано, что на протяжении всего эксперимента доминировали лактобациллы вида *Fructilactobacillus anfranciscensis*, поэтому биотехнологические свойства закваски не изменялись в процессе ее ведения». Следовало бы установить сохраняемость именно вносимого в закваску штамма *Fructilactobacillus anfranciscensis* B131.

Указанные замечания не снижают научную ценность и практическую значимость диссертационной работы и носят дискуссионный характер.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Локачук Марины Николаевны на тему: «Исследования микробиома заквасок и разработка микробного консорциума для совершенствования технологии хлебобулочных изделий» является

законченной научно-квалификационной работой, выполненной на современном уровне, имеющей неоспоримую научную новизну и практическую значимость, соответствующей пунктам 3, 28 паспорта специальности 4.3.5. «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ»; пункту 4 паспорта специальности 4.3.3. «Пищевые системы».

Диссертационная работа Локачук М.Н. соответствует п. п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции)), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения искомой ученой степени кандидата технических наук по научным специальностям 4.3.5. «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ», 4.3.3. «Пищевые системы» (технические науки).

Диссертация и отзыв рассмотрены на расширенном заседании кафедры «Технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «ВГУИТ» 31 августа 2026 г., протокол № 1. В заседании участвовало 10 человек, в обсуждении приняло участие 8 человек. Результаты голосования: за – 10, против – 0, воздержавшихся – 0.

Заведующий кафедрой «Технологии
хлебопекарного, кондитерского,
макаронного и зерноперерабатывающего
производств» ФГБОУ ВО «ВГУИТ»,
д.т.н., профессор

Магомедов Газибег

Подпись руки Магомедова Г. заверяю



Начальник
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ
ОЙЦЕВА О. В.

«31» августа 2026 г.

Контактные данные:
ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Почтовый адрес: 394036, Воронежская
область, г.Воронеж, пр-кт Революции, д. 19

Сайт организации: <https://vsuet.ru/>

Тел: +7 (473) 255-42-67

E-mail: post@vsuet.ru