Эльвира Урисбаевна Майлыбаева – магистр, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: emu1204@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6322-4496.

Укилим Убайдуллаевна Тастемирова* – phD, М Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Высшая школа Текстильной и пищевой инженерии, Шымкент, Казахстан; e-mail: ib_tu@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7078-0044.

Information about authors

Azret Shingisov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technology and Food Safety, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: azret_utebai@mail.ru. ORCID: http://orcid.org/0000-0002-0726-8232.

Indira Makhatova – Candidate of Agricultural Sciences, M. Auezov South Kazakhstan University, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: indiram@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-5441-9870.

Elvira Mailybayeva – master's degree, M. Auezov South Kazakhstan University, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: emu1204@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6322-4496.

Ukilim Tastemirova* – PhD doctor, M. Auezov South Kazakhstan University, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: ib_tu@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7078-0044.

Ainur Shinaliyeva – Doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Higher School of Textile and Food Engineering, Shymkent, Kazakhstan; e-mail: ainur_09_09@mail.ru. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-8656-0302.

Поступила в редакцию 02.08.2025
Поступила после доработки 27.08.2025
Принята к публикации 28.08.2025

https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3(19)-45

BY 4.0
Check for updates

МРНТИ: 62.09.39: 65.33.29

Л.Б. Умиралиева[1], А.Б. Оспанов[1]*, Э.Т. Исмаилова[2], И.Д. Филатов[3]
[1]ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,
050060, Республика Казахстан, г. Алматы, проспект Гагарина, 238 Г
[2]ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии»,
050010, г. Алматы, Медеуский район, улица Богенбай батыра, 105
[3]Международный инженерно-технологический университет,
050060, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Аль-Фараби, 89/21
*e-mail: a-ospanov@.mail.ru

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА БИОПРЕПАРАТОВ ЗАКВАСОК ДЛЯ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОАКТИВНЫХ КУЛЬТУР МИКРООРГАНИЗМОВ

Аннотация: *В статье представлен обзор литературы, посвященный исследованиям по выработке биопрепаратов на основе высокоактивных культур микроорганизмов для производства хлебопекарной продукции. Рассмотрено и дана оценка функции микроорганизмов и способам их производства, процессу ферментации заквасок, роли бактерий и дрожжей в ферментации, осуществлена постбиотическая оценка закваски, изучено влияние термообработки теста на качество хлебобулочного изделия. Исследования подтверждают возможность повышения эффективности и регулирования активности микроорганизмов в полуфабрикатах хлебопекарного производства, что позволит оптимизировать технологический процесс, снизить технологические затраты и повысить качество и безопасность хлебопекарной продукции. А также установлено, что постбиотические компоненты в закваске обеспечивают полезные свойства для здоровья человека, такие как лучшая усвояемость, насыщение, антиоксидантные свойства. Однако, в исследованиях мало изучены свойства, характеризующие стабильность и свойства постбиотических компонентов после процесса выпечки.*

Нами обозначена необходимость проведения исследований на основе высокоактивных культур микроорганизмов для разработки хлебной продукции с постбиотическими свойствами полезными для здоровья населения страны. Следовательно, наши исследования будут направлены на создание закваски с определенным микробиологическим консорциумом и ингредиентами, обладающей способностью повысить питательные вещества и приносить пользу для здоровья человека, а также на разработку эффективного способа промышленного культивирования микроорганизмов для производства хлебопекарных полуфабрикатов, жидких дрожжей и заквасок.

***Ключевые слова**: молочнокислые бактерии, дрожжи, ферментация, закваски, микробиологическая порча, хлебопечение.*

Актуальность исследования. В условиях рыночных преобразований и интенсификации хлебопекарного производства на предприятиях малой и средней мощности в Казахстане широкое распространение получили ускоренные технологии изготовления хлеба и, в последствие чего, заметно снизился потребительский спрос населения, из-за быстрой потери свежести, слабого вкуса и аромата, хрупкости крошки и др. Следовательно, из-за отсутствия отечественного промышленного производства высокоэффективных заквасок, адаптированных к специфике местного сырья. В результате производители хлеба вынуждены использовать химические улучшители или импортные закваски, нередко обладающие недостаточной технологической и микробиологической эффективностью и не соответствующие требованиям безопасности либо органолептическим ожиданиям потребителей.

Кроме того, хлебобулочные изделия подвержены физической, химической и микробиологической порче. В то время как физическая и химическая порча ограничивает срок хранения продукции с низкой или средней влажностью, а микробиологическая порча бактериями, дрожжами и плесенью, особенно актуальна для изделий с высокой влажностью [1,2]. А между тем, микробиологическая порча муки и, соответственно, хлебобулочных изделий является «глобальной проблемой», признаваемой Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) [3].

Одним из эффективных способов предупреждения микробиологической порчи, повышения качества и безопасности хлебобулочных изделий является использование биопрепаратов на основе молочнокислых бактерий и дрожжей с широким спектром антагонистических свойств, направленных против различных видов возбудителей болезней хлеба. Использование микроорганизмов способствует как повышению микробиологической стабильности и пищевой безопасности хлеба, так и улучшению его текстурных, вкусовых и ароматических характеристик.

В связи с чем, поиски по разработке отечественных биопрепаратов, обладающих комплексом технологических и антагонистических свойств, представляет собой актуальную научную задачу. Она направлена на формирование нового поколения хлебобулочных изделий – устойчивых к порче, высококачественных, безопасных и соответствующих современным требованиям потребителя.

Данные исследования осуществляются в рамках научного проекта «Разработка биопрепаратов для различных видов хлеба на основе отечественных высокоактивных культур микроорганизмов, обеспечивающих получение качественной и безопасной хлебопекарной продукции», программно-целевого финансирования МСХ РК на 2024-2026 годы по теме BR22886613 «Разработка инновационных технологий по переработке и хранению сельскохозяйственной растениеводческой продукции и сырья».

Функция и способы приготовления заквасок. Производство хлеба представляет собой совокупность взаимосвязанных технологических операций, формирующих оптимальные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, являющихся основой заквасочной микрофлоры [4-6].

Каждая группа микроорганизмов выполняет специфическую функцию в процессе ферментации, находясь во взаимной симбиотической связи и продуцируя ферменты и метаболиты, способствующие биохимическому преобразованию компонентов теста:

– *молочнокислые бактерии (*представители родов *Lactobacillales, Leuconostoc, Pediococcus)* осуществляют превращение сахаров в молочную кислоту, тем самым понижая pH и создавая кислую среду, неблагоприятную для развития патогенной микрофлоры. Кроме того, они продуцируют ферменты – протеазы и липазы – способствующие расщеплению белков и липидов, что положительно влияет на вкусовые характеристики хлеба;

– *дрожжи (*в основном рода *Saccharomycetales, Candida)* участвуют в спиртовом брожении, в ходе которого сахара преобразуются в этанол и углекислый газ, улучшая текстуру, вкус и аромат готового продукта.

В процессе ферментации и молочнокислые бактерии и дрожжи синтезируют фермент фитазу, расщепляющий фитиновую кислоту. Это способствует снижению кислотности среды до pH около 5,5, тем самым улучшая биодоступность минеральных элементов, таких как калий, фосфор, кальций, марганец, магний и др. [7-9].

В хлебопекарной практике в зависимости от требований к качеству и биобезопасности продукции применяются различные виды заквасок:

– *концентрированная молочнокислая закваска (КМКЗ)* – представляет собой мучной полуфабрикат, получаемый в жидкой или сухой форме с использованием чистых культур *Lactobacillus plantarum, L.brevis, L.fermenti, L.casei.* Производство КМКЗ включает два этапа: культивирование бактерий в солодовом сусле и осахаренной заварке, затем ферментация смеси муки и воды при температуре 32-38 °С до достижения кислотности 14-18 ед. [10];

– *комплексная закваска* - включает комбинации штаммов дрожжей и бактерий *(L.casei C1, L.brevis 78, L.fermenti 34, S.cerevisiae 69),* отобранных в оптимальных соотношениях. Применяется для повышения устойчивости хлеба к заражению картофельной палочкой и плесневыми грибами [11];

– *витаминная закваска* – содержит каротинсинтезирующие дрожжи *Bullera armenioca Сб – 206* и дрожжи *Saccharomyces cerevisiae – Фр – 3*, *Acidophilus – 146. И*спользуется для улучшения качества изделий из муки с пониженной клейковиной [10];

– *ацидофильная закваска* – на основе бактерий *L. acidophilus 146* и дрожжей *S. cerevisiae P-17.* Обеспечивает насыщенный вкус, выраженный аромат, подавляет развитие картофельной палочки и улучшает характеристики хлеба из высококлейковинной муки [12];

– *пропионовокислая закваска* – включает культуры *Propionibacterium freundenreichii spp. shermanii ВКМ–103,* обладающие выраженными антимикробными свойствами. Эффективна против картофельной палочки и плесневых грибов [10, 12, 13].

Ферментация теста. Ключевую роль в разрыхлении теста в хлебопекарной промышленности играют дрожжи вида *Saccharomyces cerevisiae*, характеризующиеся устойчивостью при хранении и высокой бродильной активностью. Для создания оптимальной кислотности питательной среды и улучшения условий размножения дрожжевых культур часто используют молочнокислые бактерии *Thermobacterium cereale*.

Процесс ферментации теста представляет собой многостадийную биохимическую трансформацию, включающую следующие этапы:

1. *Инициация* – внесение заквасочной культуры в муку. На этом этапе микроорганизмы начинают утилизировать доступные углеводы и другие питательные вещества;

2. *Адаптация и размножение* – микроорганизмы адаптируются к новой среде, активно размножаются, продуцируя ферменты, способствующие дальнейшему расщеплению субстрата;

3. *Основной этап ферментации* – молочнокислые бактерии синтезируют молочную кислоту, дрожжи осуществляют спиртовое брожение с образованием этанола и углекислого газа. В результате понижается pH среды, формируются специфические вкусоароматические характеристики теста;

4. *Стабилизация* – субстрат достигает равновесного состояния, формируется окончательная структура и текстура.

Использование чистых культур молочнокислых бактерий позволяет направленно регулировать органолептические свойства хлебобулочных изделий за счёт подбора конкретных видов и штаммов. Преимущества такого подхода включают: получение продукции с широким спектром вкусовых оттенков; высокое качество готовых изделий; активное кислотообразование и синтез вторичных метаболитов; ускоренное приготовление высокоэффективных заквасок; повышение выхода продукции за счёт экономии муки; технологическая управляемость процесса брожения.

Существуют различные методы приготовления хлебных заквасок:

1. *Спонтанное брожение смеси муки и воды*. Этот способ базируется на естественной микрофлоре, но имеет ряд недостатков: длительность процесса (до 20 часов в зависимости от числа фаз), нестабильность состава и качества закваски, высокая влажность (15-50%),

создающая условия для развития нежелательной микрофлоры – малоспецифичных грибов, бактерий и актиномицетов.

2. *Освежение ранее приготовленной закваски*. Метод предполагает регулярное обновление спелой закваски путём добавления дрожжей, воды и муки. Он отличается стабильностью результатов и широко применяется на хлебозаводах Казахстана. Технология включает смешивание зрелой закваски с дрожжами и частью воды, затем внесение муки и оставшейся воды температурой 25-27 °C, с последующим замесом до получения однородной массы.

3. *Использование стартовых культур (стартеров)* – наиболее технологичный и управляемый способ, основанный на применении отобранных чистых штаммов молочнокислых бактерий (возможно в комбинации с дрожжами). Стартеры могут выпускаться в сухом или жидком виде. Этот метод позволяет готовить закваску за один этап продолжительностью 18-24 часа, без промежуточных фаз разведения и поддержания культуры, обеспечивая при этом стабильность процессов ферментации. Однако его внедрение сопряжено с более высокими затратами. На практике различают жидкие, сухие (например, лактобактерин) и комбинированные заквасочные стартеры (лактобактерин в сочетании с сухими дрожжами).

Исследования по применению заквасок в хлебопечении. В хлебопекарной отрасли Казахстана, как и других стран СНГ, широко применяются концентрированные кисломолочные закваски, как на основе чистых культур молочнокислых бактерий, так и в сочетании с дрожжами. Используются густые и жидкие формы заквасок, а также жидкие дрожжевые культуры, что обеспечивает гибкость в технологических решениях.

Современные отечественные и зарубежные исследования подтверждают преимущества хлеба, приготовленного на закваске, по сравнению с традиционным дрожжевым хлебом. Согласно данным *Rehman et al.* (2006), *Gobbetti et al.* (2005), уникальность заквасок определяется устойчивым симбиотическим взаимодействием между дрожжами и молочнокислыми бактериями. В состав заквасок может входить более 50 видов молочнокислых бактерий и свыше 25 видов дрожжей [14, 15].

Формирование характерного аромата хлеба во многом обусловлено метаболической активностью заквасочных бактерий, продуцирующих широкий спектр летучих и нелетучих соединений: органические кислоты, спирты, альдегиды, кетоны, эфиры и серосодержащие соединения [16]. Снижение уровня фитиновой кислоты в тесте способствует улучшению биодоступности минеральных веществ (Fe, Ca, Mg и др.) и, как следствие, повышает пищевую ценность хлеба. Заквасочные культуры также продуцируют экзополисахариды и способствуют гидролизу проламиновой фракции белков, что особенно важно для потребителей, страдающих целиакией [17].

Установлено, что применение заквасок позволяет снизить содержание фитиновой кислоты на 62%, тогда как при использовании дрожжей эта величина составляет 38%. В отрубях этот показатель достигает 90% [18]. Экспериментальные исследования на животных также демонстрируют улучшение усвояемости железа при потреблении хлеба, приготовленного с применением заквасок [19].

В процессе ферментации молочнокислые бактерии синтезируют гомо- и гетерополисахариды как регулярного, так и нерегулярного строения. Производство глюканов и фруктанов осуществляется из сахарозы при участии фермента левансахаразы, относящегося к классу гликозилтрансфераз. Эти полисахариды способствуют улучшению реологических свойств теста, увеличению удельного объема хлеба, снижению жесткости мякиша и замедлению процессов черствения [20-22]. *Poutanen et al.* (2009) указывает, что присутствие полисахаридов в тесте особенно эффективно при длительном брожении [23].

Современные исследования акцентируют внимание на потенциальных оздоровительных эффектах заквасок, в том числе за счёт содержания постбиотических компонентов – продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, оказывающих положительное влияние на организм человека. К постбиотикам относят как нежизнеспособные клетки микроорганизмов, так и биологически активные метаболиты: короткоцепочечные жирные кислоты, бактериоцины, биосурфактанты, аминокислоты, пептиды, флавоноиды, экзополисахариды и др. Их образование определяется температурным режимом, pH, временем ферментации и микробным составом закваски [24].

С микробиологической точки зрения закваска представляет собой устойчивую экосистему с низким pH, высокой концентрацией углеводов, ограниченным содержанием кислорода и доминированием молочнокислых бактерий. Концентрация дрожжевых клеток при этом на 1-2 порядка ниже [25-27]. Основными проявлениями метаболической активности микробиоты являются: подкисление среды, формирование вкуса и текстуры хлеба, а также газообразование.

Согласно *Păcularu-Burada et al.* (2020), ферментированные продукты и функциональные ингредиенты – пробиотики, пребиотики, синбиотики – могут использоваться в составе лечебно-профилактического питания. При этом пробиотические продукты, особенно после термической обработки (пастеризации, выпечки), могут содержать преимущественно нежизнеспособные клетки. Тем не менее, их компоненты (например, молочная кислота, короткоцепочные жирные кислоты, биоактивные пептиды) сохраняют функциональную активность и способны благоприятно влиять на здоровье потребителя.

Одним из преимуществ постбиотиков является их стабильность в широком диапазоне pH и температур, а также отсутствие взаимодействия с другими соединениями пищевой среды. Это обеспечивает высокую стабильность при хранении, минимизирует риск микробного загрязнения и сохраняет сенсорные характеристики готовой продукции [29].

Современные зарубежные исследования активно направлены на выделение и характеристику новых штаммов микробов, способных к биосинтезу активных соединений (экзополисахариды, антимикробные вещества, биоактивные пептиды), применение которых в составе заквасок может значительно расширить их функциональный потенциал [30].

Согласно классификации, предложенной *Omar P. et al.* [30], различают четыре типа заквасок, определяемые методами инокуляции, параметрами ферментации и желаемыми сенсорными и питательными характеристиками готовых хлебобулочных изделий (рис. 1). Основными свойствами, регулируемыми технологией приготовления заквасок, являются вкус, текстура, аромат, стабильность хранения и пищевая ценность.

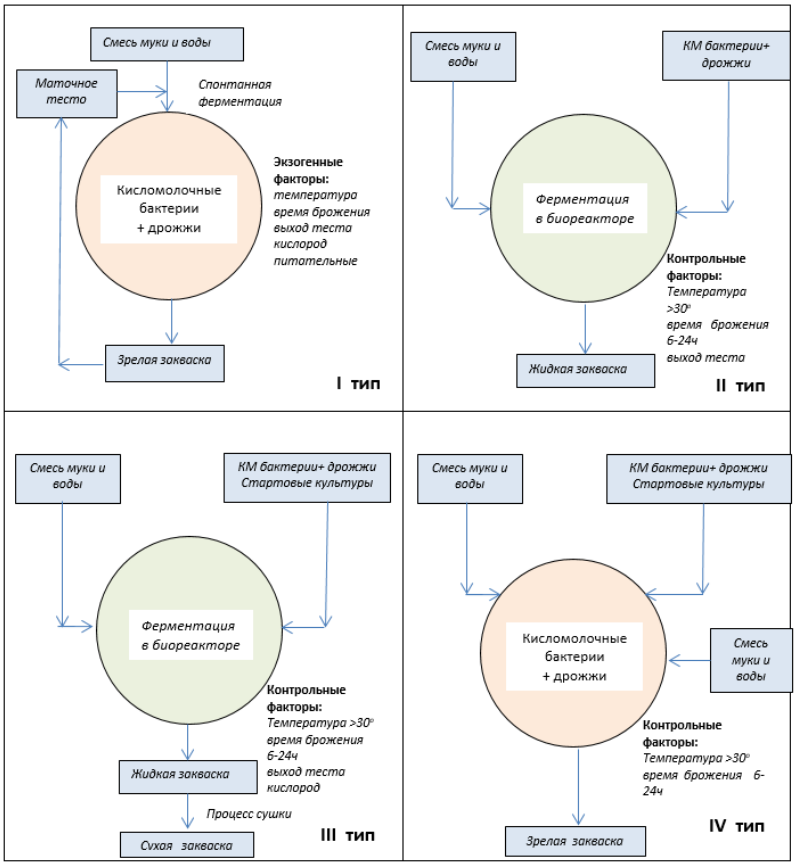


Рисунок 1 – Типы процессов приготовления закваски

Тип I – представляет собой традиционную форму закваски, ферментация которой осуществляется при температуре 20-24 °C с повторным освежением – добавлением муки и

воды – каждые 6-24 часа. В качестве инокулята используется часть закваски из предыдущей партии (маточное тесто), в которой происходит спонтанное или контролируемое развитие естественных дрожжей и молочнокислых бактерий, либо лабораторно выделенных штаммов. Такая закваска может поддерживаться и использоваться в течение длительного времени – от нескольких месяцев до нескольких лет – при условии стабильного режима замеса и ферментации. Микробная экосистема закваски со временем стабилизируется и адаптируется к условиям среды, что обеспечивает стабильное качество продукта [30].

Недостатком заквасок типа I является их ограниченное применение в промышленности, что обусловлено сложностью масштабирования и необходимостью постоянного контроля условий ферментации. Кроме того, данный тип закваски требует значительного времени для поддержания микробиологической активности и требует высокой квалификации персонала [31].

Тип II – закваски характеризуется контролируемой ферментацией с использованием кислотоустойчивых лабораторных штаммов молочнокислых бактерий. Процесс длится 15-20 часов и проводится в жидкой среде внутри ферментаторов или резервуаров, что позволяет масштабировать его до промышленного уровня [32]. По данным *Preedy u Watson* (2019), для приготовления таких заквасок применяются штаммы *Levilactobacillus brevis, Limosilactobacillus fermentum, Lactiplantibacillus plantarum, Limosilactobacillus reuteri u Fructilactobacillus sanfranciscensis*, как в сочетании с дрожжами, чаще всего *Saccharomyces cerevisiae*, так и без них [33].

Отбор штаммов производится на основе их способности быстро подкислять тесто, обеспечивать стабильное брожение и генерировать специфические ароматические соединения. Эти характеристики способствуют широкому распространению сухих заквасок и экстрактов на их основе в хлебопекарной промышленности, особенно в виде ароматизирующих добавок.

Тип III технологически близок к типу II, однако включает стадию пастеризации и последующую стабилизацию закваски. В состав таких заквасок могут входить как *L.brevis,* так и факультативно гетероферментативные бактерии, например *Pediococcus pentosaceus u L.plantarum* [34]. Основными преимуществами этого типа являются длительный срок хранения, уменьшенный объём продукта и упрощённое обращение при транспортировке и хранении [35].

Тип IV представляет собой систему, начинающуюся с лабораторно подготовленной закваски и проходящую через три фазы смены микробного состава. В процессе ферментации происходит постепенное замещение исходных культур микроорганизмами, более устойчивыми к условиям среды. Это может привести к вытеснению чувствительных лабораторных штаммов в пользу аборигенной микробиоты, более адаптированной к экосистеме закваски [33, 35]. Подобный тип требует строгого контроля микробиологического состава, поскольку может не сохранять целевые свойства закваски на протяжении длительного времени.

В целом, ферментации типов II и III позволяют стандартизировать и упростить производство хлеба, адаптируя процесс под нужды крупной промышленности. Однако, как отмечают исследователи, эти типы заквасок в полной мере не обеспечивают выраженных органолептических характеристик, присущих традиционным закваскам типа I [31].

В последние годы в европейских пекарнях всё шире внедряется технология жидкой ферментации, сочетающая использование лабораторных штаммов и дрожжей. Этот подход обеспечивает гибкость, высокую управляемость процесса и отвечает требованиям современной хлебопекарной промышленности [31].

Роль молочнокислых бактерий и дрожжей в ферментации заквасок. Микробиологическая ферментация заквасок включает метаболическую активность как молочнокислых бактерий (МКБ), так и дрожжей. В ходе ферментации синтезируются органические кислоты, спирты, альдегиды, кетоны и сложные эфиры, формируя летучие соединения, ответственные за аромат и вкус как самой закваски, так и готового хлебобулочного изделия [39].

Молочнокислые бактерии продуцируют молочную и уксусную кислоты, способствуя снижению pH теста, а также участвуют в накоплении аминокислот, в частности глутамата, усиливающего вкус. Метаболизм МКБ приводит к образованию 2-ацетил-1-пирролина –

ключевого ароматического соединения, формирующего характерный запах хлебной корки. Кроме того, накапливаются пептиды, включая глутатионы и глутамилдипептиды, влияющие на вкусовой профиль [33, 36]. Аминокислоты, такие как фенилаланин (сладкий), изолейцин (кислый), глицин, серин и аланин, превращаются в альдегиды и кетоны, усиливая вкусовые характеристики изделия.

С точки зрения метаболизма, гомо- и гетероферментативные молочнокислые бактерии различаются по регенерации кофакторов (НАД – никотинамидадениндинуклеотид или НАДФ – никотинамидадениндинуклеотид-фосфат), а также по использованию акцепторов электронов, таких как кислород и фруктоза. У гетероферментативных видов это сопровождается повышенным образованием уксусной кислоты, что усиливает консервирующий эффект и вкусовую насыщенность теста.

Основными углеводами в пшеничной муке являются мальтоза, сахароза, глюкоза, фруктоза и трисахариды (мальтотриоза, раффиноза). В процессе ферментации содержание глюкозы возрастает за счёт распада более сложных сахаров. При этом дрожжи не метаболизируют мальтозу, тогда как МКБ эффективно её используют [37]. Гомоферментативные бактерии перерабатывают глюкозу через гликолиз с образованием молочной кислоты, тогда как гетероферментативные штаммы синтезируют также CO_2, этанол и уксусную кислоту [33].

Дрожжи, в частности *Saccharomyces cerevisiae*, играют ключевую роль в процессе разрыхления теста за счёт образования CO_2. Эти организмы характеризуются высокой толерантностью к стрессовым факторам, что делает их незаменимыми в промышленном хлебопечении [38]. Дрожжи также вовлечены в развитие вкуса и аромата хлеба за счёт синтеза высших спиртов и эфиров в результате аминокислотного метаболизма.

Стабильность процесса ферментации закваски зависит от взаимодействия определенных видов бактерий и дрожжей [39].

В настоящее время пекарские дрожжи продаются в виде различных видов продуктов с улучшенным сроком хранения, осмотолерантными свойствами, сохранением активности при низких температурах и приданием аромата. На изменчивость дрожжей, среди прочего, влияют гидратация теста, тип хлопьев и температура разрыхлителя [37, 40].

Углеводы, присутствующие в муке, ферментируются посредством гликолиза с образованием CO_2 и этанола. Этанол также влияет на свойства теста, укрепляя структуру клейковины, но значительная его часть испаряется во время выпечки [41]. Глицерин и сукцинат являются осмопротекторами, снижающими pH и влияющими на реологию теста за счет улучшения газоудержания и образования клейковины [42].

Ферментация углеводов дрожжами сопровождается образованием этанола и CO_2. Хотя этанол частично испаряется при выпечке, он способствует стабилизации клейковинной структуры. Кроме того, дрожжи вырабатывают глицерин и сукцинат — осмопротекторы, улучшающие газоудержание и структуру теста [42, 43]. По данным *De Vuyst* (2005) дрожжи продуцируют низкие уровни органических кислот, таких как уксусная и янтарная кислоты, которые способствуют незначительному подкислению дрожжевого теста и влияют на конечный вкус [44].

Важным аспектом является антиоксидантная активность дрожжей, которая обусловлена высвобождением фенольных соединений из мучных компонентов. Это происходит благодаря дефосфорилированию фитатов ферментом фитаза, а также разрушению клеточной стенки зёрен, способствующему высвобождению связанных полифенолов [39, 45, 46]. Дрожжи также обладают протеазной активностью, высвобождая низкомолекулярные пептиды и аминокислоты, что способствует пищеварению и формированию вкуса [47].

Постбиотические компоненты заквасок. Ферментация сопровождается образованием широкого спектра постбиотических соединений – как внутри-, так и внеклеточных – с потенциально положительным влиянием на здоровье потребителя [48, 49]. Эти метаболиты включают бактериоцины, органические кислоты, ингибирующие пептиды, а также короткоцепочечные жирные кислоты (SCFA), такие как ацетат, пропионат и бутират, обладающие иммуномодулирующим и противомикробным действием [30, 50].

Метаболики активируются при ферментации образуя биоактивные вещества, которые подавляют рост патогенных бактерий. Активность молочнокислых бактерий и продукция биологически активных веществ зависят от условий ферментации, особенно от pH,

температуры и продолжительности. Например, как установлено *Corsetti et al* (2013) поддержание pH около 4,0 способствует накоплению изомеров молочной кислоты и этанола, что повышает метаболическую активность и стимулирует выработку постбиотиков. Более низкие значения pH способствуют синтезу летучих ароматических соединений [30].

Интерес представляет способность отдельных штаммов, таких как *Levilactobacillus hammesii*, преобразовывать линолевую кислоту в моногидроксиоктадеценовую кислоту, которая обладает выраженной противогрибковой активностью, предотвращая порчу хлеба без ухудшения его органолептических свойств [50-52].

Ученые *Zhang et a*l (2018), *Duc Thang et al* (2019) утверждают, что *Levilactobacillus hammesii* преобразует линолевую кислоту в моногидроксиоктадеценовую кислоту, которая обладает выраженной противогрибковой активностью, предотвращая порчу хлеба без ухудшения его органолептических свойств [50-52].

Влияние термической обработки на жизнеспособность микроорганизмов и стабильность их метаболитов

Применение живых пробиотических микроорганизмов в хлебопекарной продукции ограничено вследствие агрессивного температурного режима при выпечке, который сопровождается обезвоживанием и денатурацией белковых структур. Эти факторы приводят к значительному снижению жизнеспособности клеток, что делает включение пробиотиков в готовый хлеб маловероятным [51-53].

Кинетика тепловой обработки хлеба играет решающую роль в формировании структуры корки и мякиша, а также в развитии органолептических характеристик продукта. Минимальное термическое воздействие, достаточное для технологической готовности, определяется моментом, когда не менее 98% крахмала теста подвергается полной желатинизации. В связи с этим, сокращение времени выпечки за счёт повышения температуры или уменьшения размеров хлебных заготовок может привести к повышенной остаточной жизнеспособности микроорганизмов после термической обработки [54].

Исследование *Varsha et al.* (2014) показало, что термическое воздействие оказывает влияние на молекулярную массу экзополисахаридов, синтезируемых *Streptococcus thermophilus.* Продолжительная обработка в интервале температур 160-220 °C приводит к структурным изменениям этих соединений, что может влиять на их биологическую активность и технологические свойства. Однако требуется дополнительное изучение функциональных свойств таких термостабильных полисахаридов в условиях хлебопекарного производства [55].

В то же время ряд биоактивных соединений, образующихся в процессе ферментации заквасок, проявляют высокую термостабильность. Так, согласно данным *Scazzina et al.* (2009), противогрибковые метаболиты, формирующиеся при ферментации, сохраняют активность даже при температурах стерилизации, что делает их перспективными для применения в хлебопекарной промышленности [56]. Похожие результаты были получены *Najjar et al.* (2008), подтвердившими, что многие антибактериальные соединения, включая бактериоцины, устойчивы к высокотемпературной обработке и способны выполнять функциональные роли в готовых пищевых продуктах. Однако авторы подчёркивают необходимость проведения дополнительных исследований при температурных режимах до 220 °C для окончательной оценки стабильности их активности [57].

Относительно других биологических молекул, таких как биосурфактанты, поверхностные белки клеток, компоненты бесклеточных супернатантов и короткоцепочечные жирные кислоты (SCFA), в настоящее время отсутствует достаточное количество данных, описывающих их термостабильность и функциональность после выпечки. Их устойчивость к термической обработке остаётся открытым вопросом.

Таким образом, существует необходимость в дальнейшем изучении устойчивости и функциональности биологически активных соединений, продуцируемых микроорганизмами, после термической обработки. Перспективным направлением являются исследования с использованием in vitro и in vivo моделей, которые позволят оценить потенциал сохранения метаболической активности в готовой продукции и влияние этих соединений на качество и безопасность хлебобулочных изделий.

Влияние хлеба на здоровье человека

Многочисленные исследования подтверждают, что состав и способ приготовления хлеба оказывают значительное влияние на физиологические показатели организма человека. В частности, использование заквасок на основе молочнокислых бактерий вместо традиционного дрожжевого сбраживания с *Saccharomyces cerevisiae* позволяет значительно улучшить метаболический ответ на потребление хлеба.

Так, согласно результатам ряда клинических исследований, хлеб, приготовленный на закваске, вызывает более низкую гликемическую реакцию по сравнению с белым пшеничным хлебом, сброженным *S.cerevisiae*. Через 120 минут после потребления белого хлеба уровень глюкозы в крови достигал 125 ммоль/л, в то время как при употреблении ржаного хлеба на закваске – всего 90 ммоль/л [58, 59]. Работа *MacKay et al.* (2014) показала, что закваски повышают содержание резистентного крахмала и снижают постпрандиальную гликемию у здоровых молодых людей [59].

Подобные выводы были сделаны и *Lappi et al*. (2019), исследовавшими влияние ферментированной ржаной закваски. Установлено, что такой хлеб характеризуется повышенным содержанием пищевых волокон, фенольных кислот и более низким инсулиновым ответом после еды. Также отмечены изменения в аминокислотном профиле плазмы крови, включая снижение уровня пиколиновой кислоты, участвующей в воспалительных реакциях через метаболизм триптофана [58].

Инсулиновый ответ оказался сниженным не только у здоровых испытуемых, но и у мужчин с избыточной массой тела, а также у пациентов с инсулинорезистентностью и нарушением толерантности к глюкозе [60-62]. Исследования *Zamaratskaia et al.* (2017) и *Rizzello et al.* (2019) подтвердили, что длительная ферментация закваски (до 19,5 часов) обеспечивает наименьшую гликемическую и инсулиновую нагрузку, что может быть использовано для профилактики и лечения метаболических нарушений, включая сахарный диабет 2 типа [60, 61].

Положительное влияние хлеба на закваске также прослеживается в усилении чувства насыщения после приёма пищи. Экспериментальные данные свидетельствуют о высокой степени сытости после потребления ржаного заквасочного хлеба, что может быть связано с ферментативным снижением молекулярной массы пищевых волокон – арабиноксиланов и β-глюканов, а также с образованием органических кислот в процессе брожения [62-64].

Дополнительно, существуют клинические предпосылки к применению хлеба на заквасках при определённых гастроэнтерологических состояниях. Установлено, что ржаной хлеб с пониженным содержанием FODMAP-компонентов (Ферментируемые олиго-, ди- и моносахариды и полиолы (*Fermentable Oligo-, Di- and Monosaccharides and Polyols*)) способствует снижению выраженности симптомов при синдроме раздражённого кишечника (СРК). Такой хлеб уменьшает избыточную ферментацию в толстой кишке, снижает метеоризм, абдоминальную боль и дискомфорт [63-65].

Выводы. Анализ современных научных данных подчёркивает актуальность разработки и применения заквасок в хлебопекарной промышленности не только с технологической, но и с нутрицевтической точки зрения. Активное участие заквасок в стабилизации ферментных систем, регуляции метаболизма углеводов, формировании органических кислот и постбиотических метаболитов способствует улучшению функциональных свойств хлебобулочных изделий.

Используя приемы регулирования активности микроорганизмов возможно повышение эффективности их действия в полуфабрикатах хлебопекарного производства, что оптимизирует технологический процесс, снижает технологические затраты, а также повышает качество и безопасность хлебопекарной продукции.

Постбиотические компоненты в закваске обеспечивают потенциальные полезные свойства для здоровья человека, такие как лучшая усвояемость, насыщение, антиоксидантные свойства и другие.

Особое значение приобретает изучение постбиотических компонентов, сохраняющихся после термической обработки, – органических кислот, фенольных соединений, короткоцепочечных жирных кислот и пребиотических волокон. Их положительное влияние на здоровье человека, включая антиоксидантную, противовоспалительную активность и улучшение обмена веществ, делает необходимым проведение углублённых in vitro и in vivo исследований по их стабильности и биодоступности после выпечки.

Следовательно, необходимо проводить исследования для разработки хлеба с постбиотической пользой для здоровья населения страны на основе высокоактивных культур микроорганизмов. Необходимы дополнительные исследования с определенным микробиологическим консорциумом и ингредиентами для создания закваски, способной распределять конкретные питательные вещества и повышать питательную ценность для организма потребителя.

Таким образом, необходимо разработать:

– эффективные заквасочные биопрепараты на основе микробных консорциумов с постбиотической активностью;

– технологии промышленного культивирования этих микроорганизмов для производства жидких дрожжей, полуфабрикатов и заквасок;

– аппаратурно-технологические схемы их масштабного внедрения в хлебопекарное производство.

Эти меры позволят обеспечить не только высокое качество и безопасность продукции, но и сформировать хлебобулочные изделия с потенциальной функциональной и лечебно-профилактической ценностью для здоровья населения.

Список литературы

1. Афанасьева О.В. Микробиология хлебопекарного производства в России: НИИ хлебопекарной промышленности. – СПбФ ГосНИИХП, 2003. – 183 с.
2. Полякова С.П. Повышение устойчивости кондитерских и хлебобулочных изделий к микробиологической порче / С.П. Полякова, О.А. Сидорова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 5. – С.16-18.
3. Материалы Глобального Форума ФАО / ВОЗ по вопросам регулирования безопасности пищевых продуктов. Повышение эффективности и открытости в системах безопасности пищевых продуктов. Обмен опытом. Марокко, 28-30 января 2002 г. http://www.fao.org/docrep/MEETING/004/Y3680R/Y3680R09.htm.
4. Гришин О.С. Влияние различных способов приготовления теста на качество хлебобулочных изделий / Пищевая промышленность. – 2017. – 352 с.
5. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник 9-е изд.; перераб. и доп. / Под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб. Профессия, – 2002. – 416 с.
6. Афанасьева О.В. Микробиология хлебопекарного производства. С.-Петерб. фил. Гос. НИИ хлебопекар. промышленности (СПбФ ГосНИИХП). – СПб.: Береста, 2003. – 220 с.
7. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий: сборник. – М.: Прейскурантиздат, 1989. – 494 с.
8. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий. – Под общ. ред. чл.-корр. РАСХН, д.э.н., проф. А.П. Косована. – М.: РАСХН, 2008. – 268 с.
9. Чижова К.Н. Технохимический контроль хлебопекарного производства / К.Н. Чижова, Т.Н. Шкваркина, Н.В. Запенина, И.Н. Маслов, Ф.И. Заглодина. – Изд. 5-ое. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 280 с.
10. Пучкова Л.И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть I / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева . – СПб: ГИОРД, 2005. – 559 с.
11. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М.: 1992. – 182 с.
12. Матвеева И.В. Биотехнологические основы приготовления хлеба: учеб. пособие для вузов / И.В. Матвеева, И.Г. Белявская. – М: ДеЛи принт, 2001.
13. Красникова Л.В. Микробиология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств: Учеб. пособие / Л.В. Красникова, И.Е. Кострова. – СПб.: СПбГУН и ПТ, 2001. – 81 с.
14. Rehman S. Flavour in sourdough breads: a review / S. Rehman, A. Paterson, J.R. Piggott // Trends in Food Science & Technology. – 2006. – № 17. – P. 557-566.
15. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria / M. Gobbetti et alnds in Food Science & Technology. – 2005. – 16. – P. 57-69.
16. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium / H. Lopez et al // J. of Agriculture and Food Chemistry. – 2001. – 49. – P. 2657-2662.

17. Chaoui A. Making bread with sourdough improves iron bioavailability from reconstituted fortified wheat flour in mice / A. Chaoui, M. Faid, R. Belahsen // J. of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2006. – 20. – P. 217-220.
18. Glucan and Fructan Production by Sourdough Weissella cibaria and Lactobacillus plantarum / R. Di Cagno et al // J. of Agricultural and Food Chemistry. – 2006. – № 54(26). – P. 9873-9881.
19. Tieking M. Exopolysaccharides from cereal associated lactobacilli / M. Tieking, M.G. Ganzle // Trends Food Sci. Technol. – 2005. – № 16. – P. 79-84.
20. Bread making using kefir grains as baker's yeast / S. Plessas et al // Food Chemistry. – 2005. – 93. – P. 585-589.
21. Fermentation efficiency of thermally dried immobilized kefir on casein as starter culture / D. Dimitrellou et al // Process Biochemistry. – 2008. – 43. – P. 1323-1329.
22. Role of lactic acid bacteria and yeasts in sourdough fermentation during breadmaking: Evaluation of postbiotic-like components and health benefits / P. Omar et al // Microbiol. Sec. Food Microbiology. – 2022. – V. 13. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.969460.
23. Poutanen K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective / K. Poutanen, L. Flander, K. Katina // Food Microbiol. – 2009. – P. 693-699. https://doi.org/10.1016/J.FM.2009.07.011.
24. Sourdough fermented breads are more digestible than Those started with Baker's yeast alone: an in vivo challenge dissecting distinct gastrointestinal responses / C.G. Rizzello et al // Nutrients. – 2019. – 11. – P. 2954. https://doi.org/10.3390/NU11122954.
25. Microbial ecology of sourdough fermentations / L. De Vuyst et al // Food Microbiol. – 2014. – 37. – P. 11-29. https://doi.org/10.1016/J.FM.2013.06.002.
26. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics / S. Salminen et al // Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. – 2021. – 18. – P. 649-667. https://doi.org/10.1038/s41575-021-00440-6.
27. Postbiotics-parabiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods / B.H. Nataraj et al // Microb. Cell Factories. – 2020. – 19. – P. 1-22. https://doi.org/10.1186/S12934-020-01426-W/TABLES/2.
28. Selection of wild lactic acid bacteria strains as promoters of postbiotics in gluten-free sourdoughs / B. Păcularu-Burada et al // Microorganisms. – 2002. – 8. – P. 643. https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS8050643.
29. Liquid and firm sourdough fermentation: microbial robustness and interactions during consecutive backsloppings / V. Galli et al // M. LWT. – 2019. – № 105. – P. 9-15. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.02.004.
30. Corsetti A. Technology of sourdough fermentation and sourdough applications / A. Corsetti // Handbook on Sourdough Biotechnology. – 2013. – P. 85-103. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0_4.
31. De Vuyst L. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation / L. De Vuyst, S. Van Kerrebroeck, F. Leroy // Adv. Appl. Microbiol. – 2017. – № 100. – P. 49-160. https://doi.org/10.1016/BS.AAMBS.2017.02.003.
32. Sourdough Bread / K. Papadimitriou et al // Innovations in Traditional Foods. – 2019. – P. 127-158. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00006-X.
33. Preedy V.R. Flour and breads and their fortification in health and disease prevention / V.R. Preedy, R.R. Watson // Academic Press. – 2019. https://doi.org/10.1016/C2017-0-01593-8.
34. Sensory and physicochemical characterization of sourdough bread prepared with a coconut water kefir starter / M. Limbad et al // Foods. – 2020. – № 9. – 1165 p. https://doi.org/10.3390/FOODS9091165.
35. Chavan R.S. Sourdough technology – a traditional way for wholesome foods: a review / R.S. Chavan, S.R. Chavan // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. – 2011. – № 10. – P. 169-182. https://doi.org/10.1111/J.1541-4337.2011.00148.X.
36. Yeast biodiversity in fermented Doughs and raw cereal matrices and the study of technological traits of selected strains isolated in Spain / R. Chiva et al // Microorganisms. – 2021. – P. 9-47. https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS9010047.

37. Characterization and selection of functional yeast strains during sourdough fermentation of different cereal wholegrain flours / M. Palla et al // Sci. Rep. – 2020. – № 10. – P. 12856-12815. https://doi.org/10.1038/s41598-020-69774-6.
38. Fungal species diversity in French bread sourdoughs made of organic wheat flour / C. Urien et al // Front. Microbiol. – 2019 – № 10. – P. 201. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00201.
39. Contribution of the tricarboxylic acid (TCA) cycle and the glyoxylate shunt in Saccharomyces cerevisiae to succinic acid production during dough fermentation / M.N. Rezaei et al // Int. J. Food Microbiol. – 2015. – № 204. – P. 24-32. https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2015.03.004.
40. De Vuyst L. Sourdough production: fermentation strategies, microbial ecology, and use of non-flour ingredients / L. De Vuyst, A. Comasio, S.V. Kerrebroeck // Crit. Rev. Food Sci. – 2021. – P. 1-33. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1976100.
41. Pico J. Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: a review / J. Pico, J. Bernal, M. Gómez // Food Res. Int. – 2015. – № 75. – P. 200-215. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2015.05.051.
42. Mapping of Saccharomyces cerevisiae metabolites in fermenting wheat straight-dough reveals succinic acid as pH-determining factor / V.B. Jayaram et al // Food Chem. – 2013. – № 136. – P. 301-308. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2012.08.039.
43. Wang T. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: a concise review / T. Wang, F. He, G. Chen // J. Funct. Foods. – 2014. – 7. – P. 101-111. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2014.01.033.
44. De Vuyst L. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions / L. De Vuyst, and P. Neysens // Trends Food Sci. Technol. – 2005. – 16. – P. 43-56. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2004.02.012.
45. Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread / F. Batifoulier et al // J. Cereal Sci. – 2005. – 42. – P. 101-108. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2005.03.003.
46. Kaur P. Yeast phytases: present scenario and future perspectives / P. Kaur, G. Kunze, T. Satyanarayana // Crit. Rev. Biotechnol. – 2008. – 27. – P. 93-109. https://doi.org/10.1080/07388550701334519.
47. Application of the selected antifungal LAB isolate as a protective starter culture in pan whole-wheat sourdough bread / A. Sadeghi et al // Food Control. – 2019. – 95. – P. 298-307. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.08.013.
48. Petrova P. Lactic acid fermentation of cereals and Pseudocereals: ancient nutritional biotechnologies with modern applications / P. Petrova, K. Petrov // Nutrients – 2020. – 12. – P. 1118. https://doi.org/10.3390/NU12041118.
49. Paraprobiotics: evidences on their ability to modify biological responses, inactivation methods and perspectives on their application in foods / C.N. de Almada et al // Trends Food Sci. Technol. – 2016. – 58. – P. 96-114. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.09.011.
50. Viability of *Lactobacillus plantarum* P8 in bread during baking and storage. / L. Zhang et al. – 2016. – P. 7-10.
51. Effect of baking conditions and storage on the viability of *Lactobacillus plantarum* supplemented to bread / L. Zhang et al // LWT 87. – 2018. – P. 318-325. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.09.005.
52. Turkish journal of agriculture-food science and technology survival survey of lactobacillus acidophilus in additional probiotic bread / T. Duc Thang et al // J. Agric.-Food Sci. Technol. – 2019. – 7. – P. 588-592. https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i4.588-592.2247.
53. Impact of par-baking and packaging on the microbial quality of par-baked wheat and sourdough bread / E. Debonne et al // Food Control. – 2018. – 91. – P. 12-19. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.03.033.
54. Păcularu-Burada B. Current approaches in sourdough production with valuable characteristics for technological and functional applications / B. Păcularu-Burada, L.A. Georgescu, G.E. Bahrim // The annals of the university Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI Food Technol. – 2020. – 44. – P. 132-148. https://doi.org/10.35219/FOODTECHNOLOGY.2020.1.08.
55. Control of spoilage fungi by protective lactic acid bacteria displaying probiotic properties / K.K. Varsha et al // Appl. Biochem. Biotechnol. – 2014. –172. – P. 3402-3413. https://doi.org/10.1007/S12010-014-0779-4.

56. Sourdough bread: starch digestibility and postprandial glycemic response / F. Scazzina et al // J. Cereal Sci. – 2009. – № 49. – P. 419-421. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2008.12.008.
57. The acute impact of ingestion of breads of varying composition on blood glucose, insulin and incretins following first and second meals / A.M. Najjar et al // Br. J. Nutr. – 2008. – № 101. – P. 391-398. https://doi.org/10.1017/S0007114508003085.
58. Sourdough fermentation of wholemeal wheat bread increases solubility of arabinoxylan and protein and decreases postprandial glucose and insulin responses / J. Lappi et al // J. Cereal Sci. – 2010. – № 51. – P. 152-158. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2009.11.006.
59. Whole grain wheat sourdough bread does not affect plasminogen activator inhibitor-1 in adults with normal or impaired carbohydrate metabolism / K.A. MacKay et al // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. – 2012. – № 22. – P. 704-711. https://doi.org/10.1016/J.NUMECD.2010.10.018.
60. Impact of sourdough fermentation on appetite and postprandial metabolic responses – a randomised cross-over trial with whole grain rye crispbread / G. Zamaratskaia et al // Br. J. Nutr. – 2017. – № 118. – P. 686-697. https://doi.org/10.1017/S000711451700263X.
61. Sourdough fermented breads are more digestible than Those started with Baker's yeast alone: an in vivo challenge dissecting distinct gastrointestinal responses / C.G. Rizzello et al // Nutrients. – 2019. – № 11. – P. 2954. https://doi.org/10.3390/NU11122954.
62. Sourdough bread made from wheat and nontoxic flours and started with selected lactobacilli is tolerated in celiac Sprue patients / R. Di Cagno et al // Appl. Environ. Microbiol. – 2004. – № 70. – P. 1088-1096. https://doi.org/10.1128/AEM.70.2.1088-1096.2004.
63. Randomised clinical trial: low-FODMAP rye bread vs. regular rye bread to relieve the symptoms of irritable bowel syndrome / R. Laatikainen et al // Aliment. Pharmacol. Ther. – 2016. – № 44. – P. 460-470. https://doi.org/10.1111/APT.13726.
64. Pilot study: comparison of sourdough wheat bread and yeast-fermented wheat bread in individuals with wheat sensitivity and irritable bowel syndrome / R. Laatikainen et al // Nutrients. – 2017. – № 9. – P. 1215. https://doi.org/10.3390/NU9111215.
65. Диета с пониженным содержанием ферментируемых олиго-, ди-, моносахаридов и полиолов в лечении пациентов с синдромом раздраженного кишечника: основные принципы и методология применения / Р.О. Куваев и др. // Вопросы питания. – 2020. – Том 89, № 6. – С. 38-47.

References

1. Afanas'eva O.V. Mikrobiologiya khlebopekarnogo proizvodstva v Rossii: NII khlebopekarnoi promyshlennosti / O.V. Afanas'eva; SPBF GoSNIIKHP, 2003. – 183 s. (In Russian).
2. Polyakova S.P. Povyshenie ustoichivosti konditerskikh i khlebobulochnykh izdelii k mikrobiologicheskoi porche / S.P. Polyakova, O.A. Sidorova // Pishchevaya promyshlennost'. – 2012. – № 5. – S.16-18. (In Russian).
3. Materialy Global'nogo Foruma FAO / VOZ po voprosam regulirovaniya bezopasnosti pishchevykh produktov. Povyshenie ehffektivnosti i otkrytosti v sistemakh bezopasnosti pishchevykh produktov. Obmen opytom. Marokko, 28-30 yanvarya 2002 g. http://www.fao.org/docrep/MEETING/004/Y3680R/Y3680R09.htm. (In Russian).
4. Grishin O.S. Vliyanie razlichnykh sposobov prigotovleniya testa na kachestvo khlebobulochnykh izdelii // Pishchevaya promyshlennost'. – 2017. – 352 s. (In Russian).
5. Auehrman L.YA. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva: Uchebnik 9-e izd.; pererab. i dop. / Pod obshch. red. L. I. Puchkovoi. – SPb. Professiya, – 2002. – 416 s. (In Russian).
6. Afanas'eva O.V. Mikrobiologiya khlebopekarnogo proizvodstva. S.-Peterb. fil. Gos. NII khlebopekar. promyshlennosti (SPBF GoSNIIKHP). – SPb.: Beresta, – 2003. – 220 s. (In Russian).
7. Sbornik tekhnologicheskikh instruktsii dlya proizvodstva khleba i khlebobulochnykh izdelii: sbornik. – M.: Preiskurantizdat, 1989. – 494 s. (In Russian).
8. Sbornik sovremennykh tekhnologii khlebobulochnykh izdelii. – Pod obshch. red. chl.-korr. RASKHN, d.eh.n., prof. A.P. Kosovana. – M.: RASKHN, 2008. – 268 s. (In Russian).
9. Chizhova, K.N. Tekhnokhimicheskii kontrol' khlebopekarnogo proizvodstva / K.N. Chizhova, T.N. Shkvarkina, N.V. Zapenina, I.N. Maslov, F.I. Zaglodina. – Izd. 5-oe. – M.: Pishchevaya promyshlennost', 1975. – 280 s. (In Russian).
10. Puchkova L.I. Tekhnologiya khleba, konditerskikh i makaronnykh izdelii. Chast' I / L.I. Puchkova, R.D. Polandova, I.V. Matveeva. – SPb: GIORD, 2005. – 559 s. (In Russian).

11. Mediko-biologicheskie trebovaniya i sanitarnye normy kachestva prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov. – M.: 1992. – 182 c. (In Russian).
12. Matveeva I.V. Biotekhnologicheskie osnovy prigotovleniya khleba: ucheb. posobie dlya vuzov / I.V. Matveeva, I.G. Belyavskaya. – M: DELi print, 2001. (In Russian).
13. Krasnikova L.V. Mikrobiologiya khlebopekarnogo, konditerskogo i makaronnogo proizvodstv: Ucheb. posobie / L.V. Krasnikova, I.E. Kostrova. – SPb.: SPBGUN i PT, 2001. – 81 s. (In Russian).
14. Rehman S. Flavour in sourdough breads: a review / S. Rehman, A. Paterson, J.R. Piggott // Trends in Food Science & Technology. – 2006. – № 17. – P. 557-566. (In English).
15. Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria / M. Gobbetti et alnds in Food Science & Technology. – 2005. – 16. – P. 57-69. (In English).
16. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium / H. Lopez et al // J. of Agriculture and Food Chemistry. – 2001. – 49. – P. 2657-2662. (In English).
17. Chaoui A. Making bread with sourdough improves iron bioavailability from reconstituted fortified wheat flour in mice / A. Chaoui, M. Faid, R. Belahsen // J. of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2006. – 20. – P. 217-220. (In English).
18. Glucan and Fructan Production by Sourdough Weissella cibaria and Lactobacillus plantarum / R. Di Cagno et al // J. of Agricultural and Food Chemistry. – 2006. – № 54(26). – P. 9873-9881. (In English).
19. Tieking M. Exopolysaccharides from cereal associated lactobacilli / M. Tieking, M.G. Ganzle // Trends Food Sci. Technol. – 2005. – № 16. – P. 79-84. (In English).
20. Bread making using kefir grains as baker's yeast / S. Plessas et al // Food Chemistry. – 2005. – 93. – P. 585-589. (In English).
21. Fermentation efficiency of thermally dried immobilized kefir on casein as starter culture / D. Dimitrellou et al // Process Biochemistry. – 2008. – 43. – P. 1323-1329. (In English).
22. Role of lactic acid bacteria and yeasts in sourdough fermentation during breadmaking: Evaluation of postbiotic-like components and health benefits / R. Omar et al // Microbiol. Sec. Food Microbiology. – 2022. – V. 13. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.969460. (In English).
23. Poutanen K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective / K. Poutanen, L. Flander, K. Katina // Food Microbiol. – 2009. – R. 693-699. https://doi.org/10.1016/J.FM.2009.07.011. (In English).
24. Sourdough fermented breads are more digestible than Those started with Baker's yeast alone: an in vivo challenge dissecting distinct gastrointestinal responses / C.G. Rizzello et al // Nutrients. – 2019. – 11. – R. 2954. https://doi.org/10.3390/NU11122954. (In English).
25. Microbial ecology of sourdough fermentations / L. De Vuyst et al // Food Microbiol. – 2014. – 37. – R. 11-29. https://doi.org/10.1016/J.FM.2013.06.002. (In English).
26. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics / S. Salminen et al // Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. – 2021. – 18. – R. 649-667. https://doi.org/10.1038/s41575-021-00440-6. (In English).
27. Postbiotics-parabiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods / B.H. Nataraj et al // Microb. Cell Factories. – 2020. – 19. – R. 1-22. https://doi.org/10.1186/S12934-020-01426-W/TABLES/2. (In English).
28. Selection of wild lactic acid bacteria strains as promoters of postbiotics in gluten-free sourdoughs / B. Păcularu-Burada et al // Microorganisms. – 2002. – 8. – R. 643. https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS8050643. (In English).
29. Liquid and firm sourdough fermentation: microbial robustness and interactions during consecutive backsloppings / V. Galli et al // M. LWT. – 2019. – № 105. – R. 9-15. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.02.004. (In English).
30. Corsetti A. Technology of sourdough fermentation and sourdough applications / A. Corsetti // Handbook on Sourdough Biotechnology. – 2013. – R. 85-103. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5425-0_4. (In English).
31. De Vuyst L. Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation / L. De Vuyst, S. Van Kerrebroeck, F. Leroy // Adv. Appl. Microbiol. – 2017. – № 100. – R. 49-160. https://doi.org/10.1016/BS.AAMBS.2017.02.003. (In English).

32. Sourdough Bread / K. Papadimitriou et al // Innovations in Traditional Foods. – 2019. – R. 127-158. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00006-X. (In English).
33. Preedy V.R. Flour and breads and their fortification in health and disease prevention / V.R. Preedy, R.R. Watson // Academic Press. – 2019. https://doi.org/10.1016/C2017-0-01593-8. (In English).
34. Sensory and physicochemical characterization of sourdough bread prepared with a coconut water kefir starter / M. Limbad et al // Foods. – 2020. – № 9. – 1165 r. https://doi.org/10.3390/FOODS9091165. (In English).
35. Chavan R.S. Sourdough technology – a traditional way for wholesome foods: a review / R.S. Chavan, S.R. Chavan // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. – 2011. – № 10. – R. 169-182. https://doi.org/10.1111/J.1541-4337.2011.00148.X. (In English).
36. Yeast biodiversity in fermented Doughs and raw cereal matrices and the study of technological traits of selected strains isolated in Spain / R. Chiva et al // Microorganisms. – 2021. – R. 9-47. https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS9010047. (In English).
37. Characterization and selection of functional yeast strains during sourdough fermentation of different cereal wholegrain flours / M. Palla et al // Sci. Rep. – 2020. – № 10. – R. 12856-12815. https://doi.org/10.1038/s41598-020-69774-6. (In English).
38. Fungal species diversity in French bread sourdoughs made of organic wheat flour / S. Urien et al // Front. Microbiol. – 2019 – № 10. – R. 201. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00201. (In English).
39. Contribution of the tricarboxylic acid (TCA) cycle and the glyoxylate shunt in Saccharomyces cerevisiae to succinic acid production during dough fermentation / M.N. Rezaei et al // Int. J. Food Microbiol. – 2015. – № 204. – R. 24-32. https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2015.03.004. (In English).
40. De Vuyst L. Sourdough production: fermentation strategies, microbial ecology, and use of non-flour ingredients / L. De Vuyst, A. Comasio, S.V. Kerrebroeck // Crit. Rev. Food Sci. – 2021. – R. 1-33. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1976100. (In English).
41. Pico J. Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: a review / J. Pico, J. Bernal, M. Gómez // Food Res. Int. – 2015. – № 75. – R. 200-215. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2015.05.051. (In English).
42. Mapping of Saccharomyces cerevisiae metabolites in fermenting wheat straight-dough reveals succinic acid as pH-determining factor / V.B. Jayaram et al // Food Chem. – 2013. – № 136. – R. 301-308. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2012.08.039. (In English).
43. Wang T. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: a concise review / T. Wang, F. He, G. Chen // J. Funct. Foods. – 2014. – 7. – R. 101-111. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2014.01.033. (In English).
44. De Vuyst L. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions / L. De Vuyst, and P. Neysens // Trends Food Sci. Technol. – 2005. – 16. – R. 43-56. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2004.02.012. (In English).
45. Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread / F. Batifoulier et al // J. Cereal Sci. – 2005. – 42. – R. 101-108. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2005.03.003. (In English).
46. Kaur P. Yeast phytases: present scenario and future perspectives / P. Kaur, G. Kunze, T. Satyanarayana // Crit. Rev. Biotechnol. – 2008. – 27. – R. 93-109. https://doi.org/10.1080/07388550701334519. (In English).
47. Application of the selected antifungal LAB isolate as a protective starter culture in pan whole-wheat sourdough bread / A. Sadeghi et al // Food Control. – 2019. – 95. – R. 298-307. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.08.013. (In English).
48. Petrova P. Lactic acid fermentation of cereals and Pseudocereals: ancient nutritional biotechnologies with modern applications / P. Petrova, K. Petrov // Nutrients – 2020. – 12. – R. 1118. https://doi.org/10.3390/NU12041118. (In English).
49. Paraprobiotics: evidences on their ability to modify biological responses, inactivation methods and perspectives on their application in foods / C.N. de Almada et al // Trends Food Sci. Technol. – 2016. – 58. – R. 96-114. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.09.011. (In English).
50. Viability of Lactobacillus plantarum P8 in bread during baking and storage. / L. Zhang et al. – 2016. – R. 7-10. (In English).

51. Effect of baking conditions and storage on the viability of Lactobacillus plantarum supplemented to bread / L. Zhang et al // LWT 87. – 2018. – R. 318-325. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.09.005. (In English).
52. Turkish journal of agriculture-food science and technology survival survey of lactobacillus acidophilus in additional probiotic bread / T. Duc Thang et al // J. Agric.-Food Sci. Technol. – 2019. – 7. – R. 588-592. https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i4.588-592.2247. (In English).
53. Impact of par-baking and packaging on the microbial quality of par-baked wheat and sourdough bread / E. Debonne et al // Food Control. – 2018. – 91. – R. 12-19. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.03.033. (In English).
54. Păcularu-Burada B. Current approaches in sourdough production with valuable characteristics for technological and functional applications / B. Păcularu-Burada, L.A. Georgescu, G.E. Bahrim // The annals of the university Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI Food Technol. – 2020. – 44. – R. 132-148. https://doi.org/10.35219/FOODTECHNOLOGY.2020.1.08. (In English).
55. Control of spoilage fungi by protective lactic acid bacteria displaying probiotic properties / K.K. Varsha et al // Appl. Biochem. Biotechnol. – 2014. –172. – R. 3402-3413. https://doi.org/10.1007/S12010-014-0779-4. (In English).
56. Sourdough bread: starch digestibility and postprandial glycemic response / F. Scazzina et al // J. Cereal Sci. – 2009. – № 49. – R. 419-421. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2008.12.008. (In English).
57. The acute impact of ingestion of breads of varying composition on blood glucose, insulin and incretins following first and second meals / A.M. Najjar et al // Br. J. Nutr. – 2008. – № 101. – R. 391-398. https://doi.org/10.1017/S0007114508003085. (In English).
58. Sourdough fermentation of wholemeal wheat bread increases solubility of arabinoxylan and protein and decreases postprandial glucose and insulin responses / J. Lappi et al // J. Cereal Sci. – 2010. – № 51. – R. 152-158. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2009.11.006. (In English).
59. Whole grain wheat sourdough bread does not affect plasminogen activator inhibitor-1 in adults with normal or impaired carbohydrate metabolism / K.A. MacKay et al // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. – 2012. – № 22. – R. 704-711. https://doi.org/10.1016/J.NUMECD.2010.10.018. (In English).
60. Impact of sourdough fermentation on appetite and postprandial metabolic responses – a randomised cross-over trial with whole grain rye crispbread / G. Zamaratskaia et al // Br. J. Nutr. – 2017. – № 118. – R. 686-697. https://doi.org/10.1017/S000711451700263X. (In English).
61. Sourdough fermented breads are more digestible than Those started with Baker's yeast alone: an in vivo challenge dissecting distinct gastrointestinal responses / C.G. Rizzello et al // Nutrients. – 2019. – № 11. – R. 2954. https://doi.org/10.3390/NU11122954. (In English).
62. Sourdough bread made from wheat and nontoxic flours and started with selected lactobacilli is tolerated in celiac Sprue patients / R. Di Cagno et al // Appl. Environ. Microbiol. – 2004. – № 70. – R. 1088-1096. https://doi.org/10.1128/AEM.70.2.1088-1096.2004. (In English).
63. Randomised clinical trial: low-FODMAP rye bread vs. regular rye bread to relieve the symptoms of irritable bowel syndrome / R. Laatikainen et al // Aliment. Pharmacol. Ther. – 2016. – № 44. – R. 460-470. https://doi.org/10.1111/APT.13726. (In English).
64. Pilot study: comparison of sourdough wheat bread and yeast-fermented wheat bread in individuals with wheat sensitivity and irritable bowel syndrome / R. Laatikainen et al // Nutrients. – 2017. – № 9. – R. 1215. https://doi.org/10.3390/NU9111215. (In English).
65. Dieta s ponizhennym soderzhaniem fermentiruemykh oligo-, di-, monosakharidov i poliolov v lechenii patsientov s sindromom razdrazhennogo kishechnika: osnovnye printsipy i metodologiya primeneniya / R.O. Kuvaev i dr. // Voprosy pitaniya. – 2020. – Tom 89, № 6. – S. 38-47. (In Russian).

Л.Б. Өмірәлиева[1], А.Б. Оспанов[1]*, Э.Т. Исмаилова[2], И.Д. Филатов[3]
[1]Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсібі ғылыми зерттеу институты,
Республикасы, Алматы қ., Гагарин даңғылы, 238 ж 2
[2]ЖШС «Микробиология және виросология ғылыми-өндірістік орталығы»,
050010, Алматы қ., Медеу ауданы, Бөгенбай батыр көшесі, 105
[3]Халықаралық инженерлік-технологиялық университеті,
050060, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 89/21
*e-mail: a-ospanov@mail.ru

БЕЛСЕНДІЛІГІ ЖОҒАРЫ МИКРООРГАНИЗМДЕР НЕГІЗІНДЕ НАН ПІСІРУ ӨНДІРІСІНЕ АРНАЛҒАН АШЫТҚЫ БИОПРЕПАРАТТАРДЫ ӨНДІРУДІҢ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ АСПЕКТТЕРІНЕ АНАЛИТИКАЛЫҚ ШОЛУ

Мақалада нан өнімдерін шығаруға арналған белсенділігі жоғары микроорганизмдер негізінде жасалған биопрепараттар бойынша зерттеулерге бағытталған әдебиеттерге шолу жасалған. Микроорганизмдердің функциясы және оларды өндіру тәсілдері, ашытқыларды ферментациялау процесі, бактериялар мен ашытқылардың ферментациядағы ролі, ашытқыларды постбиотикалық бағалау, қамырды термиялық өңдеудің нан өнімдерінің сапасына әсері қарастырылған және сараптама жасалған.

Зерттеулер нан өнімдері шикізатындағы микроорганизмдердің тиімділігін арттыру мен белсенділігін реттеу мүмкіншіліктерін анықтаған, ал олар технологиялық процесті тиімді үйлестіруге және нан өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін арттыруға мүмкіншілік береді. Сонымен қатар, ашытқыдағы постбиотикалық компоненттер адам денсаулығына пайдалы қасиеттермен қамтамасыз етеді, оларға жақсы сіңімділік пен таралу және антиоксиданттық қасиеттер жатады. Алайда, зерттеулерде постбиотикалық компоненттердің қасиеттері мен тұрақтылық сипаттары толық қарастырылмаған.

Біздің зерттеулердің бағыты нан өнімдерінде адамға пайдалы әсер беретін постбиотикалық қасиеттері бар жоғары белсенді микроорганизмдер негізінде болуы керектігі анықталды. Сондықтан да, біздің зерттеулер адам ағзасына пайдалы болып келетін микробиологиялық косорциум мен ингредиенттерден тұратын ашытқыны жасау көзделді және өндірістік тәсілде микроорганизмдерді өсірудің, сұйық ашытқылардың тиімді әдістерін жасауға бағытталады.

***Түйін сөздер**: сүтқышқылды бактериялар, ашытқылар, ферментация, микробиологиялық бұзылу, нан өндірісі.*

L.B. Umiralieva[1], A.B. Ospanov[1]*, E.T. Ismailova[2], I.D. Filatov[3]
[1]LLP «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»,
050060, Republic of Kazakhstan, Almaty, 238 Gagarina Avenue
[2]LLP «Research and Production Center of Microbiology and Virology»,
050010, Republic of Kazakhstan, Almaty, 105 Bogenbai Batyr Street,
[3]International University of Engineering and Technology,
050060, Republic of Kazakhstan, Almaty, 89/21 Al-Farabi Avenue
*e-mail: a-ospanov@mail.ru

ANALYTICAL REVIEW OF MICROBIOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTION OF BIOLOGICAL PRODUCTS OF STARTERS FOR BAKING PASTRY BASED ON HIGHLY ACTIVE CULTURES OF MICROORGANISMS

The article presents a review of the literature on research on the development of biological products based on highly active cultures of microorganisms for the production of bakery products. The function of microorganisms and their production methods, the fermentation process of starter cultures, the role of bacteria and yeast in fermentation are considered and evaluated, a postbiotic assessment of starter cultures is carried out, and the effect of dough heat treatment on the quality of a bakery product is studied. Research confirms the possibility of increasing the efficiency and regulating the activity of microorganisms in semi-finished bakery products, which will optimize the technological process, reduce technological costs and improve the quality and safety of bakery products. It has also been established that the postbiotic components in sourdough provide beneficial properties for human health, such as better digestibility, saturation, and antioxidant properties. The properties characterizing the stability and properties of postbiotic components after the baking process have been poorly studied in studies. We have identified the need for research based on highly active cultures of microorganisms to develop bread products with postbiotic properties beneficial to the health of the country's population. Therefore, our research will focus on creating a starter culture with a specific microbiological consortium and ingredients that has the ability to enhance nutrients and benefit human health, as well as on developing an effective method for the industrial cultivation of microorganisms for the production of bakery semi-finished products, liquid yeast and starter cultures.

***Key words:** lactic acid bacteria, yeast, fermentation, starter cultures, microbiological spoilage, baking.*

Сведения об авторах

Ляззат Бекеновна Умиралиева – заместитель председателя Правления ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», кандидат технических наук, Республика Казахстан, г. Алматы; e-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz.

Асан Бекешович Оспанов* – главный научный сотрудник ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», доктор технических наук, Республика Казахстан, г. Алматы; e-mail: a-ospanov@mail.ru.

Эльвира Такешевна Исмаилова – заведующая отделом ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии», кандидат сельскохозяйственных наук, Республика Казахстан, г.Алматы; e-mail: elya7506@mail.ru.

Иван Дмитрьевич Филатов – докторант Международного инженерно-технологического университета, Республика Казахстан, г.Алматы; e-mail: i.filatov@rpf.kz.

Авторлар туралы мәліметтер

Ляззат Бекенқызы Өмірәлиева – ЖШС «Казақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсібі ғылыми зерттеу институты» басқарма төрағасының орынбасары, техника ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz.

Асан Бекешұлы Оспанов* – ЖШС «Казақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсібі ғылыми зерттеу институты» бас ғылыми қызметкері, техника ғылымдарының докторы, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail: a-ospanov@mail.ru.

Эльвира Такешқызы Исмаилова – ЖШС «Микробиология және виросология ғылыми-өндірістік орталығы» бөлім меңгерушісі, ауылшаруашылық ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы; e-mail: elya7506@mail.ru.

Иван Дмитрьевич Филатов – Халықаралық инженерлік-технологиялық университетінің докторанты, Қазақстан Республикасы, г.Алматы қаласы; e-mail: i.filatov@rpf.kz.

Information about the authors

Lyazzat Bekenovna Umiralieva – Deputy Chairman of the Board of LLP «Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry», Candidate of Technical Sciences, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: l.umiraliyeva@rpf.kz.

Assan Bekeshovich Ospanov* – Chief Researcher, Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry LLP, Doctor of Technical Sciences, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: a-ospanov@mail.ru.

Elvira Takeshevna Ismailova – Head of the Department of Scientific and Production Center of Microbiology and Virology LLP, Candidate of Agricultural Sciences, Republic of Kazakhstan, Almaty; e-mail: elya7506@mail.ru.

Ivan Dmitrievich Filatov – Doctoral student at the International University of Engineering and Technology, Almaty, Republic of Kazakhstan; e-mail: i.filatov@rpf.kz.

Поступила в редакцию 18.06.2025
Поступила после доработки 28.08.2025
Принята к публикации 29.08.2025

https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3(19)-46

BY 4.0
Check for updates

МРНТИ: 65.59.29

Э.К. Окусханова*, Б.К. Асенова[1], Ж.М. Атамбаева[1], Н.Т. Тимур[1], М.Б. Ребезов[2]
[1]Шәкәрім Университет,
071412, Республика Казахстан, город Семей, улица Глинки, 20 А
[2]ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН,
109316, Российская Федерация, г. Москва, ул. Талалихина, 26
*e-mail: eleonora-okushan@mail.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ КОТЛЕТ ДЛЯ БУРГЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЛКОВО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ

Аннотация: *В ходе исследования была разработана и оптимизирована технология производства бургерных котлет с использованием 15 % белково-жировой эмульсии на растительно-животной основе, обеспечивающей улучшенные функциональные и питательные свойства продукта. Для приготовления эмульсии применялись казеинат натрия, льняная мука, сублимированные овощи и подсолнечное масло, что позволило сформировать стабильную дисперсную систему. Химический анализ показал рост содержания белка на 18%, углеводов на 267% и золы на 23%, при одновременном снижении общего жира и влажности по сравнению с контрольным образцом. Физико-химические испытания выявили уменьшение динамической вязкости и напряжения сдвига, а влагосвязывающая способность фарша возросла с 67,5% до 71,3%, что свидетельствует о повышенной водоудерживающей способности и улучшенной текстурной стабильности. Органолептический анализ показал более лучшие результаты по цветовым, текстурным и вкусовым характеристикам по сравнению с контрольным образцом. Микробиологический контроль гарантировал безопасность продукта: патогенные микроорганизмы не обнаружены, общее количество микробов значительно ниже допустимых норм. Разработанные котлеты снижают*