



Перспективы применения растительных экстрактов в хлебобулочных изделиях: обзор

Д.Р. Александрова, О.Е. Темникова✉

Самарский государственный технический университет, Самара, Российская Федерация

Аннотация. В статье приведены данные по использованию растительных экстрактов в рецептурах хлебобулочных изделий с целью улучшения физико-химических и органолептических свойств данной категории продуктов питания. Возросший спрос на продукты функционального назначения заметно расширил ассортимент хлеба с биологически активными добавками. При этом в качестве таких добавок наиболее целесообразно применение растительного сырья, а процесс экстрагирования помогает извлечь из него все ценные вещества. В работе рассмотрено положительное влияние растительных экстрактов в рецептурах хлеба на здоровье людей, а также описаны эффекты применения экстрактов в хлебе, булочках и хлебных изделиях пониженной влажности (хлебцах, сухарях, хлебных палочках). Растительные экстракты способны повысить пищевую и биологическую ценность безглютеновых изделий, снизить усвояемость крахмала, что актуально для пациентов с диабетом, улучшить работу желудочно-кишечного тракта, а также снизить уровень акриламида в готовой продукции. Их применение в хлебе и булочках улучшает реологические свойства теста и интенсифицирует процессы его брожения и созревания, позволяет улучшить клейковину муки и увеличить удельный объем изделий, повышает количество макро- и микроэлементов, витаминов и фенольных соединений. В хлебцах, сухарях и хлебных палочках за счет использования экстрактов, богатых веществами фенольной природы, повышается антиоксидантная активность, что способствует их длительному хранению, а также снижается общее количество микроорганизмов. Все это позволило сделать вывод, что растительные экстракты являются перспективными добавками для хлебопечения.

Ключевые слова: хлеб, выпечка, растительные добавки, фенольные соединения, биологически активные вещества, технологический процесс

Финансирование. Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Самарского государственного технического университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Для цитирования: Александрова Д.Р., Темникова О.Е. Перспективы применения растительных экстрактов в хлебобулочных изделиях: обзор // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2026. Т. 16. N 2. С. 185–197. DOI: 10.21285/achb.1038. EDN: POUTUU.

PHYSICOCHEMICAL BIOLOGY

Review article

Prospects for the use of plant extracts in bakery products: A review

Darya R. Aleksandrova, Olga E. Temnikova✉

Samara State Technical University, Samara, Russian Federation

Abstract. The article reviews the use of plant extracts in bakery formulations to improve the physical, chemical, and sensory properties of finished products. The growing demand for functional foods has expanded the range of breads enriched with bioactive additives. Plant-derived materials are particularly suitable for this purpose, and extraction

enables the recovery of their most valuable constituents. The review summarizes documented health-related benefits of incorporating plant extracts into bread formulations. Their effects in breads, rolls, and low-moisture bakery products, such as crispbreads, rusks, and breadsticks, are described. Plant extracts can increase the nutritional and biological value of gluten-free products, reduce starch digestibility, which is a relevant attribute for individuals with diabetes, improve gastrointestinal function, and lower acrylamide levels in finished products. Their addition to bread and rolls improves dough rheology, accelerates fermentation and maturation, and strengthens gluten networks. It also increases loaf-specific volume while enriching products with macro- and microelements, vitamins, and phenolic compounds. In low-moisture products, extracts rich in phenolic compounds enhance antioxidant activity, extend shelf life, and reduce microbial counts. These findings indicate that plant extracts are promising functional additives for bakery applications.

Keywords: bread, baked goods, plant-based additives, phenolic compounds, bioactive compounds, processing technology

Funding. The work was supported by the budget of the Samara State Technical University. No additional grants were received for the conduct or supervision of this study.

For citation: Aleksandrova D.R., Temnikova O.E. Prospects for the use of plant extracts in bakery products: A review. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2026;16(2):185-197. (In Russian). DOI: 10.21285/achb.1038. EDN: POUTUU.

ВВЕДЕНИЕ

Хлеб играет важную роль в энергообеспечении населения, он является одним из основных продуктов благодаря своим питательным свойствам и низкой цене. Однако последние исследования диетологов показали, что одного лишь традиционного питания недостаточно для соблюдения баланса полезных веществ в организме человека, а чрезмерное потребление пищевых добавок химического происхождения часто служит причиной расстройств желудочно-кишечного тракта и отрицательно сказывается на иммунной системе [1, 2]. В связи с этим на рынке стали набирать популярность функциональные продукты питания, то есть продукты, обогащенные биологически активными веществами натурального происхождения.

В последние годы ассортимент хлеба с функциональными добавками особенно расширился: начиная с изделий с порошками из плодово-ягодного сырья и заканчивая изделиями с пчелиной пыльцой и овечьей сывороткой. Люди начали тщательнее следить за здоровьем и выбирать продукты с повышенной биологической ценностью, поэтому для удовлетворения возрастающих запросов покупателей технологии хлебопечения необходимо своевременно обновлять и совершенствовать [3–7].

Растительное сырье является одним из самых доступных источников ценных питательных веществ и достаточно давно используется в качестве ароматизаторов и консервантов в пищевых продуктах. Растительные добавки в целом признаны безопасными и богаты фенольными антимикробными соединениями, что делает их потенциальными заменителями синтетических консервантов [8]. Следовательно, путем использования дикорастущего сырья можно улучшить пищевую и биологическую ценность хлебобулочных изделий [2].

В хлебопекарной промышленности наиболее часто используются водные экстракты и настои. Это связано с простотой извлечения из них водорастворимых гликозидов флавоноидов и гидроксикоричных кислот, которые обладают противовоспалительными, антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами, а также способствуют снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [9]. Кроме того, хлебобулочные изделия являются идеальными системами для обогащения биологически активными веществами, поскольку пищевые

волокна и разнообразные биогенные соединения растений положительно влияют на усвояемость углеводов с высоким гликемическим индексом, в частности крахмала. При этом эффективность подобного обогащения будет зависеть от вида и части растения, а также способа его промышленной переработки [10].

Целью данной обзорной статьи является систематизация знаний о применении растительных экстрактов в хлебобулочных изделиях и оказываемых ими положительных эффектах.

Для достижения цели данной работы был проведен обзор научной литературы в соответствии с установленными критериями отбора. Методология исследования включала следующие этапы: планирование поиска, идентификация источников, их отбор и оценка релевантности, а также последующий анализ и синтез данных.

Были установлены следующие критерии включения публикаций в обзор:

1) наличие оригинальных экспериментальных данных или аналитического обобщения по применению растительных экстрактов (водных, водно-спиртовых, глицериновых и др.) в рецептурах хлебобулочных изделий (хлеб, булочки, хлебцы, сухари и т.д.);

2) описание влияния данных экстрактов на физико-химические, реологические, органолептические свойства, микробиологическую чистоту, хранимоспособность и/или пищевую ценность готового продукта;

3) публикация в рецензируемых научных изданиях на русском или английском языках в период с 2010 по 2025 год.

Критериями исключения являлись:

1) использование в рецептуре цельных растительных добавок (порошков, шротов, кусочков плодов) без предварительного этапа экстракции;

2) недоступность полного текста публикации для анализа;

3) дублирование одних и тех же данных в нескольких публикациях.

Поиск источников проводился в электронных базах данных Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, а также в российской Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU. Использовались ключевые слова и их комбинации на русском и английском языках: «растительный экстракт», «экстракт», «herbal extract», «plant extract»; «хлеб», «хлебобулочные изделия», «булочки», «хлебцы», «bread»,

«bakery products», «buns», «crackers»; «фенольные соединения», «антиоксидантная активность», «реологические свойства», «пищевая ценность», «phenolic compounds», «antioxidant activity», «rheological properties», «nutritional value».

Поисковые запросы формировались путем объединения ключевых слов с помощью логических операторов (AND, OR). Например: («plant extract» OR «herbal extract») AND («bread» OR «bakery products») AND («phenolic compounds» OR «antioxidant»). Для поиска на платформе eLIBRARY.RU использовались аналогичные русифицированные запросы.

Процесс отбора публикаций состоял из трех этапов. На первом этапе проводился первичный поиск по сформулированным запросам и удаление дублирующихся записей. На втором этапе осуществлялась оценка релевантности найденных работ на основе анализа заголовков и аннотаций, в ходе которой исключались статьи, не соответствующие критериям включения. На третьем этапе проводился окончательный отбор источников после детального изучения их полных текстов.

Всего на начальном этапе было идентифицировано 147 потенциально релевантных источников. После удаления дубликатов и скрининга по заголовкам и аннотациям было отобрано 89 статей для углубленного анализа. В результате изучения полных текстов для финального анализа было отобрано 42 наиболее релевантные публикации, которые составили библиографический список настоящего обзора.

Для систематизации данных из отобранных публикаций применялся метод контент-анализа. Из каждой статьи извлекалась и структурировалась информация об авторах, годе публикации, виде используемого растительного экстракта, типе хлебобулочного изделия, дозировке и основных полученных результатах. Это позволило провести сравнительный анализ и выявить общие тенденции в исследуемой области.

ВОЗМОЖНОСТЬ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СО ЗДОРОВЬЕМ

Современные тенденции в питании демонстрируют растущий интерес потребителей к продуктам, способным не только утолять голод, но и оказывать положительное влияние на здоровье. Однако традиционные рецептуры не всегда отвечают потребностям отдельных групп населения. Анализ литературы показывает, что использование растительных экстрактов позволяет адресно решать ряд специфических проблем, связанных с потреблением хлебобулочных изделий.

Так, в последнее время растет число людей с непереносимостью глютена, что стимулирует развитие производства безглютеновых хлебобулочных изделий. Замена традиционной пшеничной муки на муку из альтернативных злаков и бобовых (риса, сои, кукурузы, гречки) часто влечет за собой ухудшение органолептических свойств. Для компенсации производители вынуждены увеличивать содержание сахара (который помогает улучшить аромат безглютенового хлеба за счет реакции Майяра) и использовать синтетические консерванты. Это, в свою очередь, снижает пищевую и биологическую ценность готовых изделий. Включение в состав безглютенового хлеба растительных экстрактов позволяет одновременно решить несколько

задач: повысить содержание биологически активных веществ, улучшить вкусо-ароматические свойства и в некоторых случаях продлить сроки хранения без использования синтетических добавок [11].

Более серьезной и массовой проблемой является сахарный диабет – заболевание, характеризующееся нарушением углеводного обмена и повышенным уровнем глюкозы в крови. Основным источником глюкозы при потреблении хлеба служит крахмал. Современные исследования показывают, что полифенолы, содержащиеся в растительных экстрактах, способны модулировать усвояемость крахмала. Механизм этого действия, как показано в работе Т. Хэ с соавторами, включает два основных пути: полифенолы могут проникать в гидрофобную полость амилозы или покрывать поверхность крахмальных гранул, формируя физический барьер, препятствующий действию пищеварительных ферментов [12].

Китайские ученые на примере экстракта китайского сумаха (*Rhus chinensis*) экспериментально подтвердили этот механизм. Было установлено, что обогащение хлеба данным экстрактом привело к ингибированию активности α -глюкозидазы и α -амилазы за счет образования стабильного комплекса между полифенолами и активными центрами этих ферментов. Авторы работы подчеркивают, что такой экстракт может рассматриваться как перспективная пищевая добавка для производства нового типа хлеба с пониженной усвояемостью крахмала, предназначенного для пациентов с диабетом второго типа [13].

Еще одной важной проблемой, связанной с термической обработкой крахмалосодержащих продуктов (хлеба, печенья, чипсов и др.), является образование акриламида – канцерогенного вещества, возникающего в ходе реакции Майяра при взаимодействии аминокислоты аспарагина с редуцирующими сахарами (глюкозой, фруктозой). Традиционные способы снижения акриламида (изменение температуры, времени выпечки, влажности) имеют технологические ограничения. Альтернативным подходом может стать использование растительных экстрактов с высоким содержанием антиоксидантов. К примеру, было установлено, что добавление экстракта ростков гречихи способствовало снижению акриламида в хлебе на 27%, экстракта виноградных косточек – на 60%, а экстракта сорго – на 70% [14, 15]. Авторы исследования [15] связывают высокую эффективность экстракта сорго с уникальным профилем фенольных соединений, включающим проантоцианидины, которые способны связывать предшественники акриламида на ранних стадиях реакции Майяра. Это позволяет предположить, что целенаправленный поиск экстрактов с определенным составом полифенолов может стать перспективной стратегией снижения канцерогенной нагрузки в хлебобулочных изделиях.

Помимо решения специфических задач растительные экстракты могут оказывать комплексное положительное влияние на работу желудочно-кишечного тракта. Это действие реализуется по нескольким направлениям. Во-первых, некоторые экстракты (например, из яблок или авокадо) содержат значительное количество пищевых волокон, которые стимулируют перистальтику и нормализуют моторику кишечника [10]. Во-вторых, наблюдается синергетический эффект пищевых волокон и полифе-

нолов, которые совместно оказывают пребиотическое действие. Как показано в ряде исследований [10, 16, 17], такое сочетание способствует увеличению численности полезных бактерий родов *Lactiplantibacillus* spp. и *Bifidobacterium* spp., ингибирующих рост патогенной микрофлоры и продуцирующих короткоцепочечные жирные кислоты, важные для здоровья толстого кишечника. Следовательно, включение растительных экстрактов может рассматриваться как стратегия поддержания здорового микробиома.

Проведенный анализ показывает, что растительные экстракты способны решать широкий спектр задач, связанных со здоровьем потребителей: от компенсации недостатков безглютеновых диет до целенаправленного снижения гликемического индекса и канцерогенной нагрузки. При этом ключевую роль играют фенольные соединения, механизмы действия которых начинают активно изучаться. Наиболее перспективными направлениями представляются создание специализированных продуктов для диабетиков (с использованием экстрактов, ингибирующих амилазу) и поиск эффективных ингибиторов акриламида среди экстрактов, богатых проантоцианидинами.

ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ В ПШЕНИЧНОМ И РЖАНО-ПШЕНИЧНОМ ХЛЕБЕ

Добавление растительных экстрактов в рецептуру хлеба в основном направлено на улучшение физико-химических свойств как теста, так и готовых изделий, а также на обогащение продукта ценными питательными веществами.

Влияние на реологические свойства теста и качество клейковины. Анализ литературных данных показывает, что растительные экстракты способны существенно модифицировать реологические свойства теста. Положительное влияние на упругость и эластичность теста отмечено для экстрактов хеномелеса [2], яблочных выжимок и крапивы [18], а также шелухи чеснока [19]. В последнем случае авторы связывают этот эффект с наличием аллицина, влияющего на белково-протеиназный комплекс муки.

Многие исследователи отмечают интенсификацию процессов брожения и созревания теста при внесении экстрактов. Это объясняется повышением титруемой кислотности среды и появлением дополнительного субстрата для дрожжей. Так, экстракт хеномелеса [2] и отвар барбариса [20] сокращали продолжительность брожения, а экстракты плодов арбуза [21] и жимолости [22] повышали бродильную активность дрожжевых клеток и газообразование.

Увеличение удельного объема готовых изделий как следствие улучшенного газодержания зафиксировано при использовании экстрактов девясилы [9], шиповника [23] и жимолости [22]. Экстракт жимолости, помимо прочего, способствовал снижению активности протеолитических ферментов муки, что обеспечило дополнительную упругость клейковины.

Таким образом, эффект не всегда однонаправлен: если экстракты, богатые органическими кислотами (из хеномелеса, барбариса), ускоряют созревание, то экстракты с высоким содержанием фенольных соединений (из жимолости) могут влиять на ферментативную активность муки, укрепляя клейковину. Следовательно,

выбор экстракта позволяет целенаправленно регулировать технологический процесс.

Влияние на пищевую ценность и антиоксидантные свойства. Значительная часть исследований направлена на повышение пищевой ценности хлеба за счет внесения экстрактов. Практически во всех работах отмечается увеличение содержания фенольных соединений и, как следствие, антиоксидантной активности готового продукта. Наиболее выраженный эффект зафиксирован для экстракта жимолости [22], где содержание полифенолов возросло в 4 раза, а также для экстракта крапивы, обогатившего хлеб фенольными кислотами и флавоноидами [24]. Высокую антиоксидантную активность продемонстрировал также экстракт брусники [25].

Помимо фенольных соединений экстракты служат источником макро- и микроэлементов. Полная замена воды на экстракт кипрея увеличила содержание калия, кальция, магния и фосфора [26], а экстракт листьев облепихи повысил содержание витаминов С, группы В и РР [27]. В работе [28] показано, что употребление 200 г хлеба с экстрактом рябины может покрыть 10% суточной потребности в гидроксикоричных кислотах. В свою очередь, экстракт девясилы британского [9] на 25% покрывает суточную потребность человека во флавоноидах.

Экстракт яблочных выжимок, обогащенный йодом, не только улучшает вкусо-ароматический профиль хлеба, но и способствует профилактике заболеваний щитовидной железы [29].

Важно отметить, что эффективность обогащения зависит от сохранности биологически активных веществ в процессе выпечки. Так, для экстракта девясилы сохранность флавоноидов составила 20%, что тем не менее позволило существенно повысить их потребление [9]. Использование микрокапсулирования, как показано на примере экстракта тимьяна [8], позволяет защитить термолабильные соединения и избежать появления нежелательного привкуса в готовом продукте.

Влияние на микробиологическую чистоту и сроки хранения. Способность растительных экстрактов подавлять развитие патогенной и плесневой микрофлоры открывает перспективы для увеличения сроков хранения хлебобулочных изделий без использования синтетических консервантов. Антимикробная активность обусловлена наличием фенольных соединений, фитонцидов, эфирных масел и других вторичных метаболитов растений.

Наиболее убедительные данные получены для экстракта можжевельника: водно-спиртовой экстракт полностью ингибировал рост плесневых грибов в течение 96 ч хранения, в то время как контрольный образец был полностью поражен, а водный экстракт уменьшал зону роста плесени в 2 раза [30]. Экстракт черемши в составе закваски подавлял рост бактерий *Bacillus subtilis* [31], а экстракт березовой коры сохранял активность в течение 72 ч [20]. Авторы работы [19] связывают антимикробные свойства экстракта чесночной шелухи с наличием фитонцидов. Природные антиоксиданты, содержащиеся в экстрактах облепихи [27] и брусники [25], также способствовали предотвращению микробной порчи готового хлеба в процессе хранения.

Таким образом, можно выделить три основных направления влияния растительных экстрактов на качество пшеничного и ржано-пшеничного хлеба.

Первое – технологическое: экстракты, богатые органическими кислотами (хеномелес, барбарис) и ферментами, интенсифицируют процессы брожения и созревания теста, сокращая производственный цикл, тогда как экстракты с высоким содержанием фенольных соединений (жимолость, крапива) укрепляют клейковину и улучшают структурно-механические свойства теста. Второе – нутрицевтическое: практически все исследованные экстракты в той или иной степени повышают пищевую ценность готовых изделий, обогащая их витаминами (облепиха, кипрей), минеральными веществами (крапива, кипрей), фенольными соединениями (жимолость, рябина, девясил) и пищевыми волокнами (яблочные выжимки). Третье – консервирующее: антимикробная активность экстрактов (можжевельник, черемша, чеснок, береста) позволяет подавлять развитие патогенной микрофлоры и плесневых грибов, продлевая сроки хранения хлеба без использования синтетических добавок.

При этом многие экстракты обладают полифункциональным действием. Например, экстракт жимолости одновременно улучшает реологические свойства, повышает антиоксидантную активность и замедляет черствение [22]; экстракт крапивы укрепляет тесто и обогащает продукт микроэлементами и флавоноидами [18, 24]; экстракт чесночной шелухи улучшает клейковину и подавляет рост нежелательных микроорганизмов [19].

Диапазон эффективных дозировок крайне широк – от 0,01% для экстракта березовой коры [20] до полной замены воды в случае экстракта кипрея [26], что свидетельствует о различной биологической активности компонентов и необходимости индивидуального подхода при разработке рецептур. Особенно перспективным видится изучение синергетического взаимодействия различных экстрактов при совместном применении.

ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ В СДОБНЫХ БУЛОЧКАХ

Включение растительных экстрактов в рецептуры сдобных булочных изделий преследует те же цели, что и в хлебопечении, однако с акцентом на органолептические характеристики и калорийность, что обусловлено спецификой данной группы продуктов.

Влияние на вкусо-ароматические свойства и сладость. Важную роль в формировании потребительских свойств булочек играют процессы карамелизации и реакция Майяра, протекающие при выпечке. В частности, амилазы, присутствующие в сырье или вносимые дополнительно, способствуют расщеплению крахмала до декстринов и сахаров, которые участвуют в этих реакциях и влияют на качество готовых изделий [32]. Исследование тунисских ученых показало, что добавление экстракта ледяной травы (*Mesembryanthemum crystallinum* L.), богатого амилазами, способствует заметному потемнению корочки за счет интенсификации карамелизации вследствие амилазной активности, а также повышает газообразование и упругость теста при одновременном снижении его плотности. Авторы отмечают, что активизация реакции Майяра привела к улучшению органолептических показателей – булочки стали слаще и ароматнее [33].

Более прямой путь регулирования сладости предлагают Ф.К. Хузин с соавторами, заменяя сахар в рецептуре булочек экстрактом стевии. Листья стевии содержат натуральные гликозиды, во много раз пре-

вышающие сладость сахара, но при этом обладающие минимальной энергетической ценностью и способствующие нормализации концентрации глюкозы в крови. Замена сахара на экстракт стевии позволила не только снизить калорийность готовых булочек на 23 ккал по сравнению с контрольным образцом, но и сократить продолжительность брожения теста, а также увеличить удельный объем изделий. При этом образцы с экстрактом стевии получили более высокую органолептическую оценку по сравнению с традиционными сдобными булочками [34].

Влияние на структурно-механические свойства. Улучшение качества клейковины и формоудерживающей способности остается важной задачей и для булочных изделий. Исследователи из Ярославля установили, что внесение экстракта корня солодки в оптимальной дозировке (10%) улучшает качество клейковины муки и формоудерживающую способность булочек «Столичные», придает мякишу эластичность, а также обогащает продукт фенольными соединениями и аминокислотами [35].

Интенсификация технологического процесса. Ряд исследований направлен на ускорение технологических операций за счет применения экстрактов. Так, группа исследователей изучала влияние водно-спиртовых экстрактов плодов калины («Калифен»), гребней винограда («Диприм») и гребней лимонника («Экликит») на качество булочек из пшеничной муки. Все три экстракта (вносимые взамен 13% воды) интенсифицировали процесс газообразования и улучшали формоустойчивость готовых изделий. Наивысшую органолептическую оценку получил образец с экстрактом калины, что авторы связывают с его богатым витаминным составом [36].

Сходные результаты получены Е.В. Белокуровой с соавторами при исследовании водных экстрактов розмарина, корня имбиря и корок цитрусовых в технологии булочек «Русские». Все три экстракта способствовали снижению кислотности теста, улучшению его газоудерживающей способности и сохранению оптимальной влажности. Авторы отмечают, что данные эффекты обусловлены наличием в экстрактах органических кислот и ферментов, стимулирующих бродительную активность дрожжей [37].

Таким образом, применение экстрактов в технологии сдобных булочных изделий позволяет решать комплекс задач: от регулирования сладости и калорийности до улучшения структурно-механических свойств и интенсификации технологического процесса. При этом особенно перспективным представляется использование экстрактов-подсластителей (стевия) и экстрактов, богатых ферментами (ледяная трава), поскольку они позволяют одновременно влиять на органолептические и технологические показатели.

ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ В ХЛЕБЦАХ, СУХАРЯХ И ХЛЕБНЫХ ПАЛОЧКАХ

Продукты с длительным сроком годности – хлебцы, сухари и хлебные палочки – предъявляют особые требования к сохранению потребительских свойств с течением времени. Основными проблемами при хранении данной группы изделий являются микробная порча и окисление липидов, приводящее к прогорканию [38]. Растительные экстракты благодаря содержанию

фенольных соединений и других антиоксидантов способны эффективно решать эти задачи.

Влияние на микробиологическую безопасность. М.Р. Мардар с соавторами исследовали влияние экстракта зеленого чая на хранимоспособность зерновых хлебцев. Исходная зерновая смесь содержала широкий спектр микроорганизмов: *Erwinia herbicola* (67,4%), бактерии группы кишечной палочки (13,05%), *Bacillus subtilis-licheniformis* (15,21%) и микромицеты (4,34%). В процессе хранения хлебцев с экстрактом зеленого чая общее количество микроорганизмов снизилось на 39%, что авторы связывают с бактерицидными свойствами экстракта, обусловленными высоким содержанием витамина С и флавоноидов. Особенно показательным стало полное исчезновение бактерий группы кишечной палочки спустя полгода хранения и снижение микромицетов на 50% [39]. Эти данные подтверждают потенциал растительных экстрактов как природных консервантов для продуктов длительного хранения.

Влияние на окислительную стабильность. Порча хлебобулочных изделий пониженной влажности может происходить не только из-за микроорганизмов, но и вследствие окисления липидов. Итальянские исследователи оценили влияние водного экстракта листьев оливы на процесс окисления липидов в хлебных палочках. Добавление экстракта значительно снизило окислительную деградацию: содержание вызывающих окисление летучих соединений уменьшилось на 27%, а олигополимеров триацглицерина – на 42%. Вследствие этого произошло улучшение сенсорных характеристик продукта и повышение его антиоксидантной активности, что в комплексе способствовало увеличению срока хранения [40]. Данный пример наглядно демонстрирует,

что экстракты могут выполнять функцию антиоксидантов, защищая липидную фракцию изделий.

Повышение пищевой ценности. Как и в случае с хлебом, использование экстрактов в хлебцах и сухарях направлено на совершенствование их питательного профиля. Турецкие ученые провели обогащение сухарей экстрактом пророщенной чечевицы, что позволило увеличить общее содержание белка с 1,68 до 2,43%, а содержание фенольных соединений – с 0,78 до 3,33 мг/г. При этом добавление экстракта никак не отразилось на органолептической оценке [41].

Интенсификация технологического процесса. Исследователи из Воронежа изучали влияние экстрактов корня имбиря и цветков календулы на качество ржано-пшеничных хлебцев, полностью заменяя экстрактами воду в рецептуре. За счет богатого минерального состава экстрактов произошла интенсификация процессов брожения теста, что способствовало сокращению процесса тестоведения на 30 мин [42]. Этот результат важен с точки зрения повышения экономической эффективности производства.

Таким образом, в изделиях пониженной влажности растительные экстракты выполняют три ключевые функции: пролонгируют сроки хранения за счет антимикробного и антиоксидантного действия, повышают пищевую ценность и могут интенсифицировать технологический процесс. Наиболее перспективными в данной группе продуктов представляются экстракты с высоким содержанием фенольных соединений (зеленый чай, олива), обеспечивающие комплексную защиту от порчи.

Полная систематизация всех рассмотренных экстрактов, включая виды изделий, дозировки и основные эффекты, представлена в таблице.

Влияние растительных экстрактов на свойства хлебобулочных изделий

Effect of plant extracts on the properties of bakery products

Растительный экстракт	Вид изделия	Дозировка (к массе муки)	Основные эффекты	Ссылка
Пшеничный и ржано-пшеничный хлеб				
Арбуз (плоды)	Пшеничный	15%	↑ бродительной активности дрожжей, ↑ удельного объема, ↑ формоустойчивости, ↑ влажности	[21]
Барбарис (ягоды)	Ржано-пшеничный	3%	↑ пористости, ↑ формоустойчивости, улучшение органолептических показателей, ↑ хранимоспособности, ↓ времени расстойки и брожения теста на 10 и 20 мин	[20]
Береза (кора)	Ржано-пшеничный	0,01%	Улучшение эластичности и упругости мякиша, подавление патогенной микрофлоры в течение 72 ч	[20]
Брусника (побеги)	Пшеничный	7,5%	↑ удельного объема и пористости, ↑ влажности, насыщение хлеба гликозидами (арбутин), предотвращение развития плесени за счет арбутина	[25]
Виноград (косточки)	Пшеничный	1,5%	↑ антиоксидантной активности в 10 раз, ↓ акриламида на 60%	[15]
Гречиха (ростки)	Пшеничный	Н/д	↓ акриламида на 27%	[14]
Девясил британский	Ржано-пшеничный	10%	↑ удельного объема, равномерная пористость, ↓ температуры расстойки, обогащение флавоноидами (18,6 мг/г) и гидроксикоричными кислотами (42,5 мг/г)	[9]

Жимолость (выжимки)	Пшеничный	2%	↑ упругости клейковины, ↑ газообразования, ↑ удельного объема, ↑ полифенолов в 4 раза (до 1,7 мг/г), ↑ ароматических соединений на 12%, замедление черствения	[22]
Кипрей узколистный	Пшеничный	Замена 100% воды	↑ Р на 4%, ↑ Mg на 4,4%, ↑ К на 6,5%, ↑ Са на 13%, легкий привкус и аромат кипрея	[26]
Крапива двудомная	Пшеничный	5–10%	↑ эластичности и упругости теста, ↑ Fe, Cu, Zn, ↑ фенольных кислот и флавоноидов, ↑ антиоксидантной активности	[18, 24]
Можжевельник	Пшеничный	5%	↑ удельного объема, ингибирование <i>Bacillus subtilis</i> и <i>Escherichia coli</i> , уменьшение зоны роста (водный экстракт) и полное ингибирование (водно-спиртовой) плесени через 96 ч	[30]
Облепиха (листья)	Пшеничный	Замена 2% воды	↑ витамина С на 3,93 мг/100г, ↑ витаминов группы В на 0,02 мг/100г, ↑ витамина РР на 0,26 мг/100г, предотвращение микробной порчи	[27]
Рябина (плоды)	Пшеничный	Замена 40% воды	Обогащение гидроксикоричными кислотами (10% суточной потребности в 200 г продукта), улучшение органолептических показателей	[28]
Сорго	Пшеничный	1,5%	↑ антиоксидантной активности в 9,5 раза, ↓ акриламида на 70%	[15]
Сумах китайский	Пшеничный	5%	Ингибирование α-амилазы и α-глюкозидазы, ↓ усвояемости крахмала	[13]
Тимьян (микрокапсулированный)	Пшеничный	5%	↑ фенольных соединений, ↑ антиоксидантной активности, улучшение текстуры, отсутствие горечи	[8]
Хеномелес (японская айва)	Пшеничный	15%	Укрепление клейковины, ↑ титруемой кислотности, ↑ газообразования, ↑ формоустойчивости	[2]
Черемша (в закваску)	Ржано-пшеничный	2–4%	↑ газообразования, ↑ ароматизующих веществ, подавление <i>Bacillus subtilis</i>	[31]
Чеснок (шелуха)	Ржано-пшеничный	Замена 100% воды	↑ эластичности теста, улучшение клейковины, антимикробное действие (аллицин)	[19]
Шиповник	Пшеничный	10%	↑ объема и пористости, улучшение органолептических показателей	[23]
Яблочные выжимки	Пшеничный	10%	↑ эластичности и упругости теста, ↑ пектиновых веществ на 56,5%	[18]
Яблочные выжимки, обогащенные йодом	Ржано-пшеничный	Н/д, замена части воды	↑ срока хранения на 24 ч, улучшение органолептических показателей, профилактика заболеваний щитовидной железы	[29]
Сдобные булочки				
Виноград (гребни), («Диприм»)	Булочки	Замена 13% воды	↑ газообразования, ↑ формоустойчивости	[36]
Имбирь (корень)	Булочки «Русские»	Замена 60% воды	↑ газообразования, улучшение реологических свойств теста	[37]
Калина («Калифен»)	Булочки	Замена 13% воды	↑ газообразования, ↑ формоустойчивости, улучшение органолептических показателей	[36]
Ледяная трава	Булочки	Н/д	↑ газообразования, ↑ упругости теста, улучшение органолептических показателей, интенсификация карамелизации	[33]
Лимонник (гребни), («Экликит»)	Булочки	Замена 13% воды	↑ газообразования, ↑ формоустойчивости	[36]
Розмарин	Булочки «Русские»	Замена 60% воды	↑ газообразования, улучшение реологических свойств теста	[37]
Солодка (корень)	Булочки «Столичные»	10%	Улучшение качества клейковины, ↑ формоустойчивости, ↑ фенольных соединений и аминокислот	[35]

Стевия	Булочки	Замена 100% сахара	↓ калорийности на 23 ккал, ↓ времени брожения, ↑ удельного объема, улучшение органолептических показателей	[34]
Цитрусовые (корки)	Булочки «Русские»	Замена 60% воды	↑ газообразования, улучшение реологических свойств теста	[37]
Хлебцы, сухари, хлебные палочки				
Имбирь (корень)	Ржано-пшеничные хлебцы	Замена 100% воды	Интенсификация брожения, возможность сокращения процесса тестоведения на 30 мин	[42]
Календула (цветки)				
Олива (листья)	Хлебные палочки	0,03%	↓ окислительной деградации липидов (↓ летучих соединений на 27%, ↓ олигополимеров триацилглицерина на 42%), ↑ антиоксидантной активности, ↑ срока хранения	[40]
Чай зеленый	Зерновые хлебцы	Н/д	↓ общего количества микроорганизмов на 39% в процессе хранения, отмирание <i>Erwinia herbicola</i> , ↓ бактерий группы кишечной палочки, ↓ микромицетов на 50% через 6 месяцев	[39]
Чечевица	Сухари	15%	↑ общего содержания белка (с 1,68 до 2,43%), ↑ фенольных соединений (с 0,78 до 3,33 мг/г), ↑ антиоксидантной активности	[41]

Примечание. ↑ – увеличение/повышение показателя; ↓ – снижение показателя; Н/д – нет данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование растительных экстрактов в хлебопечении позволяет решать широкий спектр разнообразных задач. В отличие от использования цельного растительного сырья экстракты обеспечивают более полное извлечение и более равномерное распределение биологически активных веществ в продукте, а также позволяют точнее дозировать активные компоненты.

На основе обобщения данных изученных научных публикаций можно сделать следующие основные выводы.

По влиянию на технологический процесс. Растительные экстракты способны выступать в роли эффективных улучшителей. Экстракты, богатые органическими кислотами (хеномелес, барбарис), интенсифицируют процессы брожения и созревания теста, сокращая временные затраты на производство. Экстракты, содержащие полифенолы и полисахариды (жимолость, яблочные выжимки, крапиву), улучшают реологические свойства теста – повышают эластичность и упругость клейковины, что положительно сказывается на формоустойчивости и удельном объеме готовых изделий.

По повышению пищевой ценности. Наиболее выраженный эффект обогащения достигается при использовании экстрактов, богатых вторичными метаболитами растений. Максимальное увеличение содержания полифенолов (до 4 раз) зафиксировано для экстракта жимолости. Экстракты крапивы, облепихи и кипрея доказано повышают содержание витаминов (С, группы В, РР) и минеральных веществ (калия, магния, кальция, железа, меди, цинка) в готовой продукции. При этом сохранность биологически активных веществ в процессе выпечки варьирует, что требует применения технологий защиты, например микрокапсулирования.

По влиянию на безопасность и сроки хранения. Антимикробные и антиоксидантные свойства растительных экстрактов позволяют рассматривать их как

природные альтернативы синтетическим консервантам. Наибольшую эффективность в подавлении плесневых грибов и бактерий (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*) продемонстрировали экстракты можжевельника, чеснока и березовой коры. Экстракты зеленого чая и оливы значительно снижают микробную контаминацию и замедляют окислительную порчу липидов в изделиях пониженной влажности, способствуя увеличению сроков хранения.

По решению специфических задач здравоохранения. Ряд экстрактов обладает потенциалом для создания продукции лечебно-профилактического назначения. Экстракт китайского сумаха ингибирует ферменты, расщепляющие крахмал, что актуально для снижения гликемического индекса хлеба. Экстракты сорго, виноградных косточек и гречихи снижают концентрацию канцерогенного акриламида в готовой продукции (до 70% в случае сорго). Экстракт стевии позволяет снизить калорийность изделий при сохранении сладости, что важно для пациентов с диабетом и избыточным весом.

По дозированию и выбору сырья. Универсальной дозировки не существует. Эффективные концентрации варьируют в широких пределах – от 0,01% для экстракта березовой коры до полной замены воды, как в случае экстракта кипрея. Это подтверждает необходимость индивидуальной оптимизации рецептур для каждого вида растительного сырья с учетом его химического состава и поставленных технологических задач.

Несмотря на обширный экспериментальный материал, в изученной области сохраняется ряд нерешенных вопросов. Во-первых, недостаточно данных о влиянии способа экстракции (тип растворителя, температура, продолжительность) на сохранность термолабильных компонентов в процессе выпечки. Во-вторых, требуется более глубокое изучение синергетических эффектов при использовании комбинаций различных экстрактов. В-третьих, перспективным направлением

является разработка промышленных технологий микрокапсулирования экстрактов для защиты биологически активных веществ от деструкции и маскировки нежелательных привкусов. Решение этих вопросов

позволит расширить ассортимент функциональных хлебобулочных изделий и внедрить разработанные технологии в реальный сектор экономики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ziaee rizi A., Sadeghi A., Jafari S.M., Feizi H., Purab-dolah H. Controlled fermented sprouted mung bean containing ginger extract as a novel bakery bio-preservative for clean-label enriched wheat bread // *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024. Vol. 16. P. 101218. DOI: 10.1016/j.jafr.2024.101218.
2. Санжаровская Н.С., Сокол Н.В. Целесообразность использования экстракта из плодов хеномелеса в технологии пшеничного хлеба // *Ползуновский вестник*. 2024. N 2. С. 19–26. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.003. EDN: AQUFGU.
3. Mir S.A., Farooq S., Shah M.A., Sofi S.A., Dar B.N., Sunooj K.V., et al. Recent advancements in the development of multigrain bread // *Cereal Chemistry*. 2023. Vol. 100, no. 1. P. 72–82. DOI: 10.1002/cche.10578.
4. Conte P., Del Caro A., Balestra F., Piga A., Fadda C. Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physical-chemical, technological and sensory approach // *LWT*. 2018. Vol. 90. P. 1–7. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.12.002.
5. Secchi N., Fadda C., Pinna I., Del Caro A., Conte P., Piga A., et al. Improving baking quality of weak gluten semolina using ovine whey powder // *Journal of Food Quality*. 2018. P. 1–10. DOI: 10.1155/2018/7901901.
6. Paesani C., Sciarini L.S., Moiraghi M., Salvucci E., Prado S.B.R., Perez G.T. Human colonic *in vitro* fermentation of water-soluble arabinoxylans from hard and soft wheat alters *Bifidobacterium* abundance and short-chain fatty acids concentration // *LWT*. 2020. Vol. 134. P. 110253. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110253.
7. Han S., Wang Y., Zhang Y., Lan H., Li X., Wan J., et al. Effects of water-unextractable arabinoxylan from wheat processing wastewater on the quality characteristics of multigrain bread // *LWT*. 2024. Vol. 210. P. 116867. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.116867.
8. Akbarbaglu Z., Mazloomi N., Sarabandi K., Ramezani A., Khaleghi F., Hamzehkollaei A.R., et al. Stabilization of antioxidant thyme-leaves extract (*Thymus vulgaris*) within biopolymers and its application in functional bread formulation // *Future Foods*. 2024. Vol. 9. P. 100356. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100356.
9. Бориева Л.З., Тамахина А.Я. Разработка технологии производства ржано-пшеничного хлеба функционального назначения с использованием экстракта и настоя девясила британского // *Успехи современной науки*. 2016. Т. 2. N 10. С. 89–93. EDN: XCIICV.
10. Mastrolonardo F., Costantini A., Polo A., Verni M., Nikoloudaki O., Gobetti M., et al. New fermented plant-based ingredients in sourdough breads enhanced nutritional value and impacted on gut microbiota // *Future Foods*. 2024. Vol. 10. P. 100498. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100498.
11. Proetto I., Pesce F., Arena E., Grasso A., Parafati L., Fallico B., et al. Use of vegetable flours obtained from artichoke by-products as a functional ingredient in gluten-free bread formulations // *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2024. Vol. 38. P. 101015. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2024.101015.
12. He T., Wang K., Zhao L., Chen Y., Zhou W., Liu F., Hu Z. Interaction with longan seed polyphenols affects the structure and digestion properties of maize starch // *Carbohydrate Polymers*. 2021. Vol. 256. P. 117537. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117537.
13. Xu X., Ding L., Fu Y., Wang Y., Cai S. Polyphenol-rich extract of Chinese sumac (*Rhus chinensis* Mill.) fruits and its main component decrease *in vitro* starch digestibility of bread: Exploring the potential mechanisms from the perspective of molecular interactions // *LWT*. 2024. Vol. 195. P. 115856. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.115856.
14. Jing Y., Li X., Hu X., Ma Z., Liu L., Ma X. Effect of buckwheat extracts on acrylamide formation and the quality of bread // *Science of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 99, no. 14. P. 6482–6489. DOI: 10.1002/jsfa.9927.
15. Chen G., Wang J., Li Y. Extracts of sorghum bran, grape seed, and green tea: Chromatographic comparison of phenolic profiles and mitigation effect on acrylamide in antioxidant-fortified bread // *Food Chemistry Advances*. 2022. Vol. 1. P. 100082. DOI: 10.1016/j.focha.2022.100082.
16. Lippolis T., Cofano M., Caponio G.R., De Nunzio V., Notarnicola M. Bioaccessibility and bioavailability of diet polyphenols and their modulation of gut microbiota // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Vol. 24, no. 4. P. 3813. DOI: 10.3390/ijms24043813.
17. Silva de Andrade R.M., Silva S., da Silva Freitas Costa C.M., Veiga M., Costa E., Larráz Ferreira M.S., et al. Potential prebiotic effect of fruit and vegetable byproducts flour using *in vitro* gastrointestinal digestion // *Food Research International*. 2020. Vol. 137. P. 109354. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109354.
18. Сокол Н.В., Храпко О.П., Серикова Е.А. Использование продуктов переработки нетрадиционного растительного сырья в производстве обогащенных хлебобулочных изделий // *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. 2016. N 12. С. 493–496. EDN: WEBK CZ.
19. Бредищева О.Ф., Иванова Э.С., Земцова Н.В., Родионов Ю.В. Разработка хлеба функционального назначения с добавлением растительных экстрактов и растительных порошков // *Наука и образование*. 2023. Т. 6. N 2. С. 137. EDN: ZVKWOP.
20. Шевелева Т.Л. Нетрадиционное растительное сырье в рецептурах хлебобулочных изделий // *Вестник КрасГАУ*. 2021. Т. 2. С. 143–150. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-143-150. EDN: BPHMKF.
21. Донченко Л.В., Сокол Н.В., Влащик Л.Г. Обогащение хлеба биологически активными веществами профилактического назначения // *Пищевая индустрия*. 2017. N 2. С. 32–35. EDN: YMAVCP.
22. Соболева Е.В., Сергачева Е.С., Смертина Е.С., Федянина Л.Н., Лях В.А., Гладышук О.С. Использование экстракта жимолости (*Lonicera edulis*) в технологии хлебобулочных изделий // *Вестник Международной академии холода*. 2018. N 1. С. 26–32. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-26-32. EDN: XTGGXB.

23. Позднякова О.Г., Захаренко М.А., Назимова Е.В., Романов А.С. Технологические аспекты получения экстракта из плодов шиповника и его применение при производстве хлеба // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. N 12. С. 102–106. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11222. EDN: IWFLJB.

24. Đurović S., Vujanović M., Radojković M., Filipović J., Filipović V., Gašić U., et al. The functional food production: Application of stinging nettle leaves and its extracts in the baking of a bread // Food Chemistry. 2020. Vol. 312. P. 126091. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.126091.

25. Невзоров В.Н., Мацкевич И.В., Кох Ж.А. Технология производства пшеничного хлеба с биологически активными добавками из растительного сырья // Ползуновский вестник. 2024. N 3. С. 105–110. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.015. EDN: GBHOCР.

26. Невская Е.В., Зуева А.Г., Беляев А.Г. Использование экстракта и порошка кипрея узколистного в рецептуре хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. N 1. С. 61–69. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-61-69. EDN: ICDQUE.

27. Kurmanbayeva I., Nabiyeve Z., Tattibayeva D., Jumabekova G., Zheldybayeva A. Impact of sea buckthorn extract on bread indicators // Вестник Алматинского технологического университета. 2022. N 2. P. 56–61. DOI: 10.48184/2304-568X-2022-1-56-61. EDN: UWFPIZ.

28. Брыксина К.В., Миронов А.М., Данилин С.И., Троянов А.Г., Кольцов В.А. Оценка показателей качества пшеничного хлеба, обогащенного глицериновым экстрактом плодов рябины обыкновенной // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. N 3. С. 33–39. DOI: 10.24888/2541-7835-2023-29-33-39. EDN: IRZMVH.

29. Заикина М.А. Применение йодсодержащего пектинового экстракта в технологии хлеба // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. N 4. С. 8–14. EDN: IRMUAD.

30. Иванченко О.Б., Онуфриенко Г.С. Изучение антимикробной активности экстрактов можжевельника и их влияние на микробную контаминацию хлебобулочных изделий // Вестник КрасГАУ. 2024. N 5. С. 230–239. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-230-239. EDN: XAQNPI.

31. Магомедов Г.О., Шамханов Ч.Ю., Исраилова Х.А. Разработка технологии использования экстракта черемши в производстве хлебобулочных изделий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. N 1. С. 36–37. EDN: MNLBYD.

32. Ünal A., Subaşı A.S., Malkoç S., Ocak İ., Korcan S.E., Yetilmez E., et al. Potential of fungal thermostable alpha amylase enzyme isolated from Hot springs of Central Anatolia (Turkey) in wheat bread quality // Food Bioscience. 2022. Vol. 45. P. 101492. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101492.

33. Khemakhem B., Abed H., Chakroun M., Fendri I., Smaoui S. Functional effects of ice plant amylases on cake and bun quality // Food Bioscience. 2019. Vol. 29. P. 142–149. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.04.008.

34. Хузин Ф.К., Дёмина Н.В., Канарская З.А., Кочетов А.А., Избранова С.И. Влияние экстрактивных веществ стевии на физико-химические и органолептические показатели качества хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2015. N 4. С. 62–63. EDN: TMIUEV.

35. Сенченко М.А., Зырянова С.В., Пивоварова Е.А. Интенсификация процессов производства дрожжевого и бездрожжевого теста с использованием экстракта корня солодки // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. N 2. С. 136–140. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-12040. EDN: YBLTRZ.

36. Смертина Е.С., Федянина Л.Н., Каленик Т.К., Кушнерова Н.Ф., Вигерина Н.С. Применение экстрактов дикорастущих растений в хлебобулочных изделиях функционального назначения // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. 2011. N 3. С. 129–133. EDN: OJOGVP.

37. Белокурова Е.В., Алексеева Т.В., Сергеева О.А. Растительные компоненты и экстракты из них в технологии булочных изделий // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. N 4. С. 11–16. DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-11-16. EDN: DKRWSW.

38. Абрамова И.Н., Абрамов О.В., Сысоева М.Г. Исследование микробиологической обсемененности экструдированных хлебцев для сухих пайков // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2019. N 2. С. 74–77. EDN: VEBAXN.

39. Мардар М.Р., Егорова А.В., Евдокимова Г.И., Труфкати Л.В., Значек Р.Р. Микробиологическая безопасность зерновых хлебцев с растительными добавками // Пищевая наука и технология. 2014. Т. 26. N 1. С. 95–99. EDN: WKTOXB.

40. Difonzo G., Pasqualone A., Silletti R., Cosmai L., Summo C., Caponio F., et al. Use of olive leaf extract to reduce lipid oxidation of baked snacks // Food Research International. 2018. Vol. 108. P. 48–56. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.034.

41. Polat H., Capar T.D., Inanir C., Ekici L., Yalcin H. Formulation of functional crackers enriched with germinated lentil extract: A Response Surface Methodology Box-Behnken Design // LWT. 2020. Vol. 123. P. 109065. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109065.

42. Белокурова Е.В., Мишина Е.Н., Алексеева Т.В. Влияние растительных биогенных добавок на микробиологические показатели теста хрустящих ржано-пшеничных хлебцев // Новые технологии. 2019. N 3. С. 11–19. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10301. EDN: NVJIVN.

REFERENCES

1. Ziaee rizi A., Sadeghi A., Jafari S.M., Feizi H., Purabdollah H. Controlled fermented sprouted mung bean containing ginger extract as a novel bakery bio-preservative for clean-label enriched wheat bread. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2024;16:101218. DOI: 10.1016/j.jafr.2024.101218.

2. Sanzharovskaya N.S., Sokol N.V. Expediency of using an extract from fruits of henomeles in technology of wheat bread. *Polzunovskiy vestnik*. 2024;2:19-26. (In Russian).

DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.003. EDN: AQUFGU.

3. Mir S.A., Farooq S., Shah M.A., Sofi S.A., Dar B.N., Sunooj K.V., et al. Recent advancements in the development of multigrain bread. *Cereal Chemistry*. 2023;100(1):72-82. DOI: 10.1002/cche.10578.

4. Conte P., Del Caro A., Balestra F., Piga A., Fadda C. Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physical-chemical, technological and sensory approach. *LWT*. 2018;90:1-7. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.12.002.

5. Secchi N., Fadda C., Pinna I., Del Caro A., Conte P., Piga A., et al. Improving baking quality of weak gluten semolina using ovine whey powder. *Journal of Food Quality*. 2018;1-10. DOI: 10.1155/2018/7901901.
6. Paesani C., Sciarini L.S., Moiraghi M., Salvucci E., Prado S.B.R., Perez G.T. Human colonic *in vitro* fermentation of water-soluble arabinoxylans from hard and soft wheat alters *Bifidobacterium* abundance and short-chain fatty acids concentration. *LWT*. 2020;134:110253. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110253.
7. Han S., Wang Y., Zhang Y., Lan H., Li X., Wan J., et al. Effects of water-unextractable arabinoxylan from wheat processing wastewater on the quality characteristics of multigrain bread. *LWT*. 2024;210:116867. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.116867.
8. Akbarbaglu Z., Mazloomi N., Sarabandi K., Ramezani A., Khaleghi F., Hamzehkollaei A.R., et al. Stabilization of antioxidant thyme-leaves extract (*Thymus vulgaris*) within biopolymers and its application in functional bread formulation. *Future Foods*. 2024;9:100356. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100356.
9. Boriyeva L.Z., Tamakhina A.Ya. Development of production technology of rye-wheat bread of functional purpose using the extract and infusion of British elecampane. *Uspekhi sovremennoy nauki*. 2016;2(10):89-93. (In Russian). EDN: XCICV.
10. Mastrolonardo F., Costantini A., Polo A., Verni M., Nikoloudaki O., Gobetti M., et al. New fermented plant-based ingredients in sourdough breads enhanced nutritional value and impacted on gut microbiota. *Future Foods*. 2024;10:100498. DOI: 10.1016/j.fufo.2024.100498.
11. Proetto I., Pesce F., Arena E., Grasso A., Parafati L., Fallico B., et al. Use of vegetable flours obtained from artichoke by-products as a functional ingredient in gluten-free bread formulations. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2024;38:101015. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2024.101015.
12. He T., Wang K., Zhao L., Chen Y., Zhou W., Liu F., Hu Z. Interaction with longan seed polyphenols affects the structure and digestion properties of maize starch. *Carbohydrate Polymers*. 2021;256:117537. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117537.
13. Xu X., Ding L., Fu Y., Wang Y., Cai S. Polyphenol-rich extract of Chinese sumac (*Rhus chinensis* Mill.) fruits and its main component decrease *in vitro* starch digestibility of bread: Exploring the potential mechanisms from the perspective of molecular interactions. *LWT*. 2024;195:115856. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.115856.
14. Jing Y., Li X., Hu X., Ma Z., Liu L., Ma X. Effect of buckwheat extracts on acrylamide formation and the quality of bread. *Science of Food and Agriculture*. 2019;99(14):6482-6489. DOI: 10.1002/jsfa.9927.
15. Chen G., Wang J., Li Y. Extracts of sorghum bran, grape seed, and green tea: Chromatographic comparison of phenolic profiles and mitigation effect on acrylamide in antioxidant-fortified bread. *Food Chemistry Advances*. 2022;1:100082. DOI: 10.1016/j.focha.2022.100082.
16. Lippolis T., Cofano M., Caponio G.R., De Nunzio V., Notarnicola M. Bioaccessibility and bioavailability of diet polyphenols and their modulation of gut microbiota. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023;24(4):3813. DOI: 10.3390/ijms24043813.
17. Silva de Andrade R.M., Silva S., da Silva Freitas Costa C.M., Veiga M., Costa E., Larraz Ferreira M.S., et al. Potential prebiotic effect of fruit and vegetable byproducts flour using *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Research International*. 2020;137:109354. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109354.
18. Sokol N.V., Khrapko O.P., Serikova E.A. Use of processed products of non-traditional plant raw materials in the production of enriched bakery products. *Novyye i netraditsionnyye rasteniya i perspektivy ikh ispolzovaniya*. 2016;12:493-496. (In Russian). EDN: WEBKCZ.
19. Bredischeva O.F., Ivanova E.S., Zemtsova N.V., Rodionov Y.V. Development of functional bread with the addition of plant extracts and vegetable powders. *Nauka i obrazovaniye*. 2023;6(2):137. (In Russian). EDN: ZVKWOP.
20. Sheveleva T.L. Nonconventional vegetable raw materials in bakery recipes. *Bulletin of KSAU*. 2021;2:143-150. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-143-150. EDN: BPHMKF.
21. Donchenko L.V., Sokol N.V., Vlaschik L.G. Bread enrichment with biologically active substances for prophylactic purposes. *Food Industry*. 2017;2:32-35. (In Russian). EDN: YMAVCP.
22. Soboleva E.V., Sergacheva E.S., Smertina E.S., Fedyanina L.N., Lyakh V.A., Gladyschuk O.S. The use of honeysuckle (*Lonicera edulis*) extract in baking technology. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018;1:26-32. (In Russian). DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-26-32. EDN: XTGGXB.
23. Pozdnyakova O.G., Zaharenko M.A., Nazimova E.V., Romanov A.S. Technological aspects of obtaining extract from rose hips and its use in bread production. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019;33(12):102-106. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11222. EDN: IWFLJB.
24. Đurović S., Vujanović M., Radojković M., Filipović J., Filipović V., Gašić U., et al. The functional food production: Application of stinging nettle leaves and its extracts in the baking of a bread. *Food Chemistry*. 2020;312:126091. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.126091.
25. Nevzorov V.N., Matskevich I.V., Koch Zh.A. Production technology of wheat bread with biologically active additives from vegetable raw material. *Polzunovskiy vestnik*. 2024;3:105-110. (In Russian). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.03.015. EDN: GBHOCF.
26. Nevskaya E.V., Zueva A.G., Belyaev A.G. Extract and powder of *Epilobium Angustifolium* in bakery products. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(1):61-69. (In Russian). DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-61-69. EDN: ICDQUE.
27. Kurmanbayeva I., Nabiyeva Z., Tattibayeva D., Jumabekova G., Zheldybayeva A. Impact of sea buckthorn extract on bread indicators. *The Journal of Almaty Technological University*. 2022;2:56-61. DOI: 10.48184/2304-568X-2022-1-56-61. EDN: UWFPIZ.
28. Bryksina K.V., Mironov A.M., Danilin S.I., Troyanov A.G., Koltsov V.A. Evaluation of quality parameters of wheat bread, enriched with glycerin extract of common mountain ash fruit. *Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentralnoy Rossii*. 2023;3:33-39. (In Russian). DOI: 10.24888/2541-7835-2023-29-33-39. EDN: IRZMVH.
29. Zaikina M.A. The use of iodine-containing pectin extract in the technology of bread. *Technologies for the*

food and processing industry of AIC – healthy food. 2020;4:8-14. (In Russian). EDN: IRMUAD.

30. Ivanchenko O.B., Onufrienko G.S. Studying the antimicrobial activity of juniper extracts and their impact on microbial contamination of bakery products. *Bulletin of KSAU*. 2024;5:230-239. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-5-230-239. EDN: XAQNPI.

31. Magomedov G.O., Shamkhanov Ch.Yu., Israilova Kh.A. Development of technology of ramson extract usage in bakery products. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2010;1:36-37. (In Russian). EDN: MNLBYD.

32. Ünal A., Subaşı A.S., Malkoç S., Ocak İ., Korcan S.E., Yetimezer E., et al. Potential of fungal thermostable alpha amylase enzyme isolated from Hot springs of Central Anatolia (Turkey) in wheat bread quality. *Food Bioscience*. 2022;45:101492. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101492.

33. Khemakhem B., Abed H., Chakroun M., Fendri I., Smaoui S. Functional effects of ice plant amylases on cake and bun quality. *Food Bioscience*. 2019;29:142-149. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.04.008.

34. Khuzin F.K., Demina N.V., Kanarskaya Z.A., Kochetov A.A., Izbranova S.I. Stevia extractive substances influence on physicochemical and organoleptic quality indicators of bakery products. *Khleboпродукты*. 2015;4:62-63. (In Russian). EDN: TMIUEV.

35. Senchenko M.A., Zyryanova S.V., Pivovarova E.A. The intensification of the production processes of the of yeast and none-yeast dough using licorice root extract. *Dalnevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2018;2:136-140. (In Russian). DOI: 10.24411/1999-6837-2018-12040. EDN: YBLTRZ.

36. Smertina E.S., Fedyanina L.N., Kalenik T.K., Kushnerova N.F., Vigerina N.S. Application of wild plants in bakery products of functional purpose. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2011;3:129-133. (In Russian). EDN: OJOGVP.

37. Belokurova E.V., Alekseeva T.V., Sergeeva O.A. Plant components and extracts from them in technology bakery products. *Technologies for the food and processing industry of AIC – healthy food*. 2023;4:11-16. (In Russian). DOI: 10.24412/2311-6447-2023-4-11-16. EDN: DKRWSW.

38. Abramova I.N., Abramov O.V., Sysoeva M.G. Study of microbiological contamination of extruded bread for dry rations. *Tekhnologii i tovarovedeniye sel'skokhozyaystvennoy produktsii*. 2019;2(13):74-77. (In Russian). EDN: VEBAXN.

39. Mardar M.R., Egorova A.V., Evdokimova G.I., Trufkati L.V., Znachek R.R. Microbiological safety of grain crispbreads with plant additives. *Pishchevaya nauka i tekhnologiya*. 2014;26(1):95-99. (In Russian). EDN: WKTOXB.

40. Difonzo G., Pasqualone A., Silletti R., Cosmai L., Summo C., Caponio F., et al. Use of olive leaf extract to reduce lipid oxidation of baked snacks. *Food Research International*. 2018;108:48-56. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.034.

41. Polat H., Capar T.D., Inanir C., Ekici L., Yalcin H. Formulation of functional crackers enriched with germinated lentil extract: A Response Surface Methodology Box-Behnken Design. *LWT*. 2020;123:109065. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109065.

42. Belokurova E.V., Mishina E.N., Alekseeva T.V. The effect of vegetable biogenic additives on microbiological indicators of rye-wheat crispbreads dough. *New Technologies*. 2019;3:11-19. (In Russian). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10301. EDN: NVJIVN.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Александрова Дарья Романовна,
магистрант,
Самарский государственный
технический университет,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
Российская Федерация,
dcher02@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3577-560X>

Темникова Ольга Евгеньевна,
к.т.н., доцент,
Самарский государственный
технический университет,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
Российская Федерация,
✉ mionagrey@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2100-6394>

Вклад авторов

Д.Р. Александрова – проведение исследования,
написание черновика рукописи.
О.Е. Темникова – научное руководство,
редактирование рукописи.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Darya R. Aleksandrova,
Master's Student,
Samara State Technical University,
244, Molodogvardeiskaya St., Samara, 443100,
Russian Federation,
dcher02@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3577-560X>

Olga E. Temnikova,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Samara State Technical University,
244, Molodogvardeiskaya St., Samara, 443100,
Russian Federation,
✉ mionagrey@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2100-6394>

Contribution of the authors

Darya R. Aleksandrova – investigation,
writing – original draft.
Olga E. Temnikova – supervision, editing.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Поступила в редакцию 27.02.2025.
Одобрена после рецензирования 30.08.2025.
Принята к публикации 07.05.2026.

Information about the article

The article was submitted 27.02.2025.
Approved after reviewing 30.08.2025.
Accepted for publication 07.05.2026.