

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-91-100>
УДК 664.661.212.004.12



Комплексная оценка воздействия озонирования на качество и безопасность зерна, используемого в технологии цельнозернового хлеба

Н.В. Сокол✉, Н.С. Санжаровская, Д.Р. Агаева

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация
✉sokol_n.v@mail.ru*

Аннотация. Введение. В статье приведены результаты оценки качества и безопасности зерна пшеницы, обработанного озоном, используемого в технологии цельнозернового хлеба, так как безопасность сырья остается актуальной задачей из-за риска микробиологической и химической контаминации. Озонирование зерна рассматривается как перспективный экологически чистый метод дезинфекции и детоксикации, способствующий снижению микробной нагрузки и содержания ксенобиотиков. **Цель.** Цель исследования заключалась в изучении влияния озонирования на качество и безопасность зерна мягкой озимой пшеницы и определение возможности его использования в технологии цельнозернового хлеба. **Методы.** Озонирование зерна проводили с использованием запатентованного озонатора GEOS-2.0 при концентрации озона 20 мг/м³ в течение 5, 10 и 15 минут. Качественные показатели зерна, содержание токсичных элементов и микробиологическую обсемененность оценивали по общепринятым методикам. **Результаты.** Установлено, что исследуемые сорта пшеницы соответствуют требованиям, предъявляемым к сильным и ценным сортам по качеству клейковины и стекловидности, и имеют содержание токсичных элементов значительно ниже допустимых норм. Доказано, что озонирование является эффективным способом улучшения санитарно-гигиенических показателей зерна озимой мягкой пшеницы и может быть рекомендовано для использования в технологии производства цельнозернового хлеба. **Заключение.** Озонирование зерна может быть рекомендовано как эффективный и экологически безопасный способ подготовки зерна мягкой озимой пшеницы для производства цельнозернового хлеба с целью обеспечения санитарно-гигиенических показателей сырья, безопасности готовой продукции и сохранения пищевой ценности.

Ключевые слова: пшеница, качество зерна, безопасность пищевого сырья, озонирование, ксенобиотики, цельнозерновой хлеб

Для цитирования: Сокол Н.В., Санжаровская Н.С., Агаева А.Д. Комплексная оценка воздействия озонирования на качество и безопасность зерна, используемого в технологии цельнозернового хлеба. Новые технологии / New technologies. 2025; 21(2):91-100. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-91-100>

Comprehensive assessment of the effect of ozonation on the quality and safety of grain used in whole grain bread technology

N.V. Sokol✉, N.S. Sanzharovskaya, D.R. Agayeva

*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
Krasnodar, the Russian Federation
✉sokol_n.v@mail.ru*

Abstract. Introduction. The results of assessing the quality and safety of wheat grain treated with ozone, used in whole grain bread technology have been presented, since the safety of raw materials remains an urgent task due to the risk of microbiological and chemical contamination. Grain ozonation is considered as a promising environmentally friendly method of disinfection and detoxification, which helps to reduce the microbial load and xenobiotic content. **The goal of the research** was to investigate the effect of ozonation on the quality and safety of soft winter wheat grain and to determine the possibility of its use in whole-grain bread technology. **The methods.** Grain ozonation was carried out using a patented GEOS-2.0 ozonizer at an ozone concentration of 20 mg / m³ for 5, 10 and 15 minutes. Grain quality indicators, the content of toxic elements and microbiological contamination were assessed using generally accepted methods. **The results.** It has been found that the studied wheat varieties meet the requirements for strong and valuable varieties in terms of gluten quality and grain hardness, and have a toxic element content significantly below the permissible standards. It has been proved that ozonation is an effective way to improve the sanitary and hygienic indicators of winter soft wheat grain and can be recommended for use in whole-grain bread production technology. **The conclusion.** Grain ozonation can be recommended as an effective and environmentally friendly method of preparing soft winter wheat grain for the production of whole grain bread in order to ensure sanitary and hygienic indicators of raw materials, safety of finished products and preservation of nutritional value.

Keywords: wheat, grain quality, safety of food raw materials, ozonation, xenobiotics, whole grain bread

For citation: Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S., Agaeva A.D. Comprehensive assessment of the effect of ozonation on the quality and safety of grain used in whole grain bread technology. *Novye tehnologii/ New technologies*. 2025; 21(2):91-100. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-91-100>

Введение. Серьезными экологическими проблемами современного развития человеческого общества являются ускорение темпа жизни и изменения в образе питания, которые сказываются на здоровье человека [1- 3].

Потребность в пище является одной из первоочередных и наиболее значимых общественных потребностей, так как недостаточное обеспечение населения продуктами питания может привести к нежелательным последствиям, таким как ухудшение состояния здоровья, сокращение численности населения, снижение трудоспособности и возникновение социальных конфликтов. Поэтому не случайно Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рассматривает питание как ключевой индикатор качества жизни современного человека.

Поэтому в мировой практике для оптимизации питания и поступления в организм человека физиологически активных веществ применяют различные способы, такие как:

– отдельное потребление комплексных препаратов витаминов, макро- и микроэлементов;

– дополнение суточного рациона биологически активными добавками (БАД) природного или синтетического происхождения;

– разнообразие ежедневных рационов, с включением широкого перечня продуктов питания, в том числе источников эссенциальных нутриентов;

– обогащение продуктов питания путем дополнительного включения в рецептуру функциональных пищевых ингредиентов, придающих продукту определенную направленность, защитные, антиканцерогенные, иммуномодулирующие свойства.

На протяжении миллионов лет зерновые продукты составляли значительную часть рациона питания человека. Поэтому не случайно в пирамиде здорового питания, созданной диетологами продукты из зерна, составляют ее основу. Видимо по этой причине одним из направлений производства обогащенных продуктов питания является использование в рецептурах зерновых ингредиентов. Такие продукты в силу относительно невысокой стоимости исходного сырья доступны широким слоям населения и являются традиционными для российского потребителя [4-5].

Согласно имеющимся данным, потребление цельнозернового хлеба, изготовленного из муки грубого помола, может значительно улучшить состояние здоровья, укрепить иммунитет и избавить от многих заболеваний. Многочисленные научные исследования подтверждают, что регулярное потребление цельнозерновых продуктов оказывает благоприятное воздействие на здоровье человека. Учеными доказано, что смертность среди людей, употребляющих цельнозерновые продукты, снижается на 15-20 %. Включение в рацион питания продуктов из цельного зерна способствует снижению риска инфаркта на 30-36 %, сердечно-сосудистых заболеваний – на 25-28 %, диабета второго типа – на 21-30 % и облегчает контроль веса. Диета, основанная на цельнозерновых продуктах, положительно влияет на здоровье пищеварительной системы, способствуя поддержанию регулярной перистальтики и росту полезных бактерий в кишечнике [6-7].

Цельнозерновые продукты характеризуются высоким содержанием углеводов (до 85 %), умеренным содержанием жиров (до 7 %, преимущественно ненасыщенных) и белков (до 17 %, в том числе полноценных и сбалансированных). Несмотря на то, что зерновые не являются низкокалорийными продуктами питания (в среднем 360–390 ккал/100 г сухого продукта), они полезны для здоровья и должны рассматриваться как замена продуктов из рафинированного зерна в рационе питания, а не дополнение.

В настоящее время активно проводятся научные исследования, а также организован выпуск готовой продукции на основе цельного зерна, прежде всего это зерновой хлеб, зерновые хлебцы, макаронные изделия, каши быстрого приготовления [8]. Однако проблема безопасности и качества изделий из цельнозерновой диспергированной массы остается актуальной, особенно с точки зрения возможности контаминации патогенными микроорганизмами и химическими элементами.

Для снижения контаминации и ксенобиотиков в сырье, готовом продукте ис-

пользуются различные способы обработки, такие как озонирование, замачивание в электрохимически активированной (ЭХА) воде, обработка консервантами, которые позволяют снизить загрязнение зерна пшеницы и хлеба микроорганизмами, токсичными и радиоактивными элементами [9]. Однако вопросы их влияния на качество зерна и снижение количества биологических и химических ксенобиотиков при их применении в технологическом потоке недостаточно изучены и требуют дополнительных исследований. В качестве одного из способов, повышающих безопасность цельнозернового хлеба, рассмотрена обработка зерна пшеницы озоном.

Цель исследования. Цель исследования заключалась в изучении влияния процесса озонирования зерна на его показатели качества, безопасности и определение возможностей использования озонирования в технологии цельнозернового хлеба.

Методы исследования. Объектами исследования стали образцы зерна озимой мягкой пшеницы сортов Гром, Есаул, Тимирязевка-150 селекции ФГБНУ «НЦЗ» им. П.П. Лукьяненко.

Для процесса озонирования использовали озонатор GEOS-2.0 с концентрацией озона 20 мг/м³. Время обработки зерна озоном было принято 5, 10 и 15 минут. Установка является патентованным изобретением Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина. Качественные показатели зерна, содержание токсичных элементов и микробиологическую обсемененность оценивали по общепринятым методикам.

Экспериментальные исследования проводили в 3-5 кратных повторностях.

Результаты исследований. Пшеница является одной из самых важных сельскохозяйственных культур в мире и выполняет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономическом развитии РФ. В последние десятилетия наблюдается рост интереса к качественным характеристикам пшеницы, что объясняется изменением потребительских предпо-

чтений и повышенными требованиями к продуктам питания.

Качество зерна является основополагающим фактором в технологии хлебопечения, так как имеет прямое влияние на конечные свойства хлеба, включая вкус, аромат, структуру мякиша и внешний вид готовой продукции. Для полноценной оценки качества зерна следует учитывать показатели, такие как массовая доля сырой клейковины в зерне и ее качество, активность амилалитических ферментов, структуру эндосперма, натуру и другие показатели, влияющие на технологические свойства полуфабрикатов и готовой продукции хлебопекарного производства.

На первом этапе исследований была проведена комплексная оценка качества образцов зерна озимой мягкой пшеницы, выращенных на опытных участках Кубанского государственного аграрного университета. Для исследований использовали сорта пшеницы Гром, Тимирязевка-150, Есаул селекции НИЦЗ имени П. П. Лукьяненко, (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что зерно изучаемых сортов имеет показатели, характерные для сильных и ценных пшениц. Высокое содержание клейковины в зерне опытных образцов свидетельствует о высокой биологической ценности зерна, а качество клейковины – о хорошей реологии теста. Стекловидность зерна у сортов Гром и Тимирязевка-150 была на уровне сильных пшениц, у зерна сорта Есаул - ценных пше-

ниц, что создает предпосылки для их использования в технологии зернового хлеба.

В последние десятилетия проблема загрязнения окружающей среды ксенобиотиками, включая химические и микробиологические соединения, наиболее актуальна в области экологии и агрономии. Поэтому зерно пшеницы является объектом особого внимания, так как данный злак не только является основным источником углеводов для человека, но и активно используется в кормлении сельскохозяйственных животных. Однако применение пестицидов, удобрений, средств защиты растений в процессе возделывания культуры может привести к накоплению ксенобиотиков в зерне, что, в свою очередь, ставит под угрозу здоровье потребителей.

Кроме того, в зерне пшеницы могут присутствовать микробиологические ксенобиотики, такие как патогенные микроорганизмы и их метаболиты. Технология цельнозернового хлеба из пророщенного зерна предусматривает предварительное проращивание зерна до получения ростков 1-2мм. Для проращивания зерна постоянно поддерживается повышенная влажность и аэрация воздуха, что может стать риском развития микроорганизмов. Поэтому оценка безопасности зерна, используемого для получения диспергированной зерновой массы, является необходимым условием для разработки эффективных стратегий управления рисками и обеспечения качества продуктов переработки.

Таблица 1. Показатели качества зерна озимой мягкой пшеницы

Table 1. Winter soft wheat grain quality indicators

Показатель	Сорт озимой мягкой пшеницы		
	Гром	Тимирязевка-150	Есаул
Качество клейковины, Н _{деф} , ед. прибора ИДК-1	70	68	67
Массовая доля сырой клейковины, %	31,0	32,0	30,0
Натура зерна, г/л	784	795	781
Стекловидность зерна, %	60	60	59
Влажность зерна, %	12,9	12,4	12,7
Число падения, с	419	436	427

Имеющиеся данные в источниках литературы свидетельствуют о том, что при производстве зернового хлеба, исключаящего помол зерна в условиях усиливающейся техногенной нагрузки на природные комплексы, возникает проблема получения безопасной продукции. Вследствие чего для обеспечения производства безопасного цельнозернового зернового хлеба, с точки зрения загрязнения его тяжелыми металлами, обязателен строгий контроль количества токсичных элементов в зерне. Учитывая, что при производстве зернового хлеба необходим отбор экологически чистого сырья, в опытных образцах зерна исследуемых сортов определяли содержание токсичных элементов в зерне пшеницы (табл. 2).

Данные, представленные в таблице, позволяют сделать заключение, что загрязнение зерна сортов Есаул, Гром и Тимирязевка -150 тяжелыми металлами намного

ниже установленного допустимого уровня, что дает основание рекомендовать данные сорта для использования в производстве цельнозернового хлеба.

Далее был исследован количественный и качественный состав микрофлоры зерна. Определяли основные группы микроорганизмов, обсеменяющих поверхность зерна злаковых культур. В таблице 3 приведены данные по количеству микроорганизмов на поверхности зерна сортов Есаул, Гром и Тимирязевка-150.

Установлено, что в экспериментальных образцах зерна количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов кМАФАнМ на поверхности зерна пшеницы не превышает данных, установленных требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [10].

Таблица 2. Содержание токсичных элементов в зерне
Table 2. Content of toxic elements in grain

Показатель	Допустимый уровень	Содержание в образце зерна		
		сорт Есаул	сорт Гром	сорт Тимирязевка-150
Токсичные элементы, мг/кг:				
Свинец	Не более 0,5	0,13 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,11 ± 0,01
Кадмий	Не более 0,1	0,009 ± 0,001	0,007 ± 0,001	0,012 ± 0,001
Мышьяк	Не более 0,2	0,022 ± 0,008	0,016 ± 0,006	0,016 ± 0,006
Ртуть	Не более 0,03	0,003 ± 0,001	0,004 ± 0,001	0,0019 ± 0,004

Таблица 3. Поверхностная микрофлора зерна пшеницы опытных образцов
Table 3. Surface microflora of wheat grains of experimental samples

Образец	Количество микроорганизмов на поверхности зерна		
	общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/г	колиформные бактерии группы кишечной палочки (БГКП), индекс	споры сульфидредуцирующих клостридий (СРК), КОЕ/мл
Значение показателя по ТР ТС 021/2011, не более	5×10^4	—	—
Зерно сорта Есаул	$2,8 \times 10^4$	100	Не обнаружено
Зерно сорта Гром	$4,9 \times 10^4$	100	Не обнаружено
Зерно сорта Тимирязевка-150	$3,4 \times 10^4$	100	Не обнаружено

Следующим этапом проводимых исследований было изучение влияния процесса озонирования на качество и безопасность зерна озимой мягкой пшеницы. Исследуемые образцы зерна пшеницы сортов Есаул, Гром и Тимирязевка-150 обрабатывали озоном в течение 5, 10 и 15 мин.

Важнейшим достоинством озона является его сильное дезинфицирующее действие на окружающую среду. Он способен уничтожать бактерии, вирусы, а также другие микроорганизмы. Обработка озоном зерна, используемого для пищевых целей, гарантирует разрушение плесневых грибов и токсинов [11-12].

При проведении процесса обеззараживания зерна необходимо принимать во внимание не только экономический эффект и улучшение экологических показателей, но и сохранение технологических свойств и биологической ценности зерна. Механизм влияния озона на зерновку сложен, есть необходимость контроля выхода озонированного воздуха, достаточного для бактерицидного действия, но не оказывающего негативного действия на зерно [13]. В связи с этим, важно знать влияние обработок озоном на качественные показатели зерна пшеницы.

На рисунке 1 показано влияние обработки зерна озоном. Процесс озонирования проводили в течение 5, 10 и 15 мин.

Из рисунка видно, что качество клейковины, определяемое на приборе ИДК-3М, с увеличением времени озонирования укрепляется, что подтверждается высоким коэффициентом детерминации. Такой результат можно объяснить окислением белковых тиолов озоном с образованием дисульфидных мостиков между белковыми цепочками, вследствие чего происходит укрепление клейковинного комплекса. Образование дисульфидных мостиков в клейковинном комплексе оказывает положительное влияние на хлебопекарные свойства зерна пшеницы [14].

На рисунке 2 показано влияние обработки зерна озоном на массовую долю клейковины в зерне.

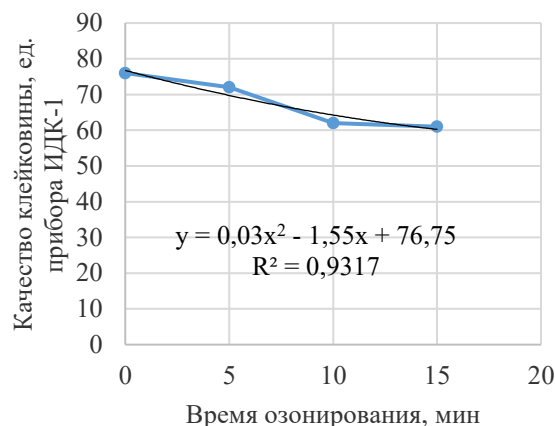


Рис. 1. Влияние обработки озоном на качество клейковины

Fig. 1. The effect of ozone treatment on the quality of gluten

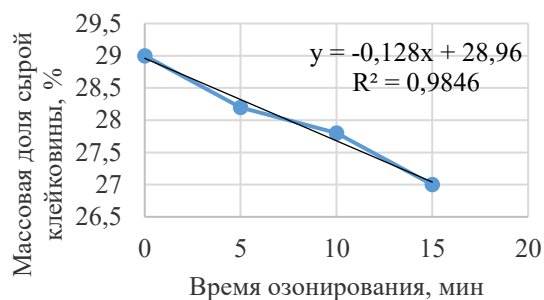


Рис. 2. Влияние обработки озоном на массовую долю сырой Клейковины

Fig. 2. The effect of ozone treatment on the mass fraction of raw gluten

Как видно из рисунка 2, взаимосвязь показателя, характеризующего количество клейковины в зерне, имеет обратно пропорциональную зависимость со временем озонирования зерна и имеет высокий коэффициент детерминации. Следовательно, можно сделать вывод, что с увеличением времени обработки зерна пшеницы озонированным воздухом происходит снижение массовой доли клейковины, так как при воздействии озоном происходит деструкция белковых молекул.

В ходе проведения исследований было проанализировано влияние обработки озонированным воздухом зерна озимой мягкой пшеницы на активность фермента α -амилазы, так как этот показатель позволяет судить об осахаривающей способности крахмала в зерне, что имеет важное значе-

ние для процесса брожения полуфабрикатов хлебопекарного производства. Об активности фермента α -амилазы судили по показателю «число падения» (ЧП) путем измерения на приборе ПЧП-7 согласно ГОСТ 27676-88. Влияние процесса озонирования зерна на показатель «число падения» (ЧП) показано на (рис. 3).

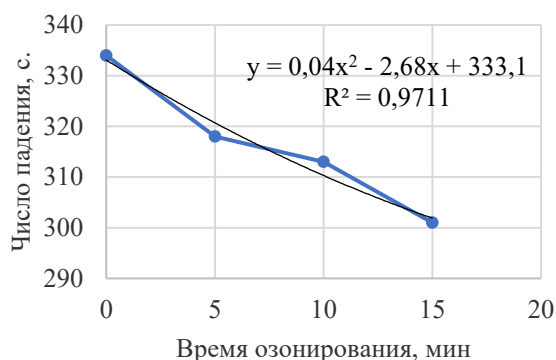


Рис. 3. Влияние обработки озонем на число падения

Fig. 3. The effect of ozone treatment on the falling number

Следует отметить, что с увеличением времени обработки зерна озонированным воздухом происходит снижение показателя число падения, что свидетельствует об увеличении активности амилалитических ферментов. По активности α -амилазы можно судить об активности другого важнейшего фермента – протеазы. Если активность амилазы высокая, то и показатель активности протеазы будет повышен. От высокого уровня активности протеаз зависит разрушение клейковины, которая так ценна для хлеба.

В зерне, обработанном озонированным воздухом, количественно определяли микробиологическую обсемененность поверхности зерна пшеницы (рис. 4, 5).

В результате проведенных исследований выявлено, что процесс озонирования способствует изменению микробиологического статуса сырья [15-16]. С увеличением времени обработки зерна озонем во всех опытных образцах наблюдалось снижение микробиологической обсемененности сырья. Та-

кая тенденция демонстрирует чистоту используемого сырья при производстве цельнозернового хлеба. Согласно результатам эксперимента, оптимальное время озонирования зерна пшеницы с целью снижения риска контаминации равняется 10-15 минут. С точки зрения экономической целесообразности, рекомендуется время обработки зерна озонем в течение 10 минут.

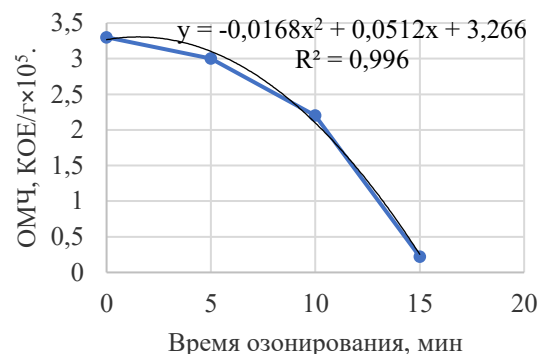


Рис. 4. Влияние обработки озонем на общее микробное число

Fig. 4. The effect of ozone treatment on total microbial count

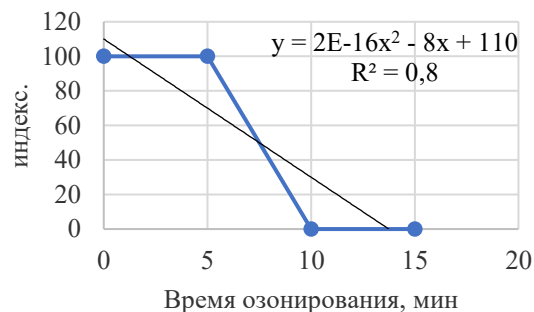


Рис. 5. Влияние обработки озонем на показатель БГКП

Fig. 5. The effect of ozone treatment on the coliform count

Заключение. Таким образом, озонирование может быть рекомендовано как эффективный и экологически безопасный способ подготовки зерна мягкой озимой пшеницы для производства цельнозернового хлеба, обеспечивающий повышение санитарно-гигиенических показателей сырья и, как следствие, безопасность готовой продукции.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агапкин А.М., Золотова С.В. Пищевая ценность, оценка качества и ассортимент зернового хлеба // Экономика и предпринимательство. 2022. № 1 (138). С. 1445-1448. <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.138.1.289>
2. Алехина Н.Н. Влияние способов замораживания на качество зернового хлеба // Хлебопродукты. 2022. № 11. С. 32-36. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2022-31-11-32-36>
3. Нилова Л.П. Актуальные тренды хлебопекарной промышленности // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты: сборник научных статей XI Всероссийской научно-практической конференции (Курск, 23-24 сент. 2021 г.). Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2021. С. 180-183.
4. Шахрай Т.А., Воробьёва О.В., Викторова Е.П. Основные тенденции развития рынка функциональных хлебобулочных изделий // Новые технологии. 2021. Вып. 3. С. 51-58.
5. Чугунова О.В., Панкратьева Н.А., Пономарев А.С. Использование комплексной зерновой добавки в технологии пшеничного хлеба на закваске спонтанного брожения // Хлебопродукты. 2023. № 1. С. 43-47. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2023-32-1-43-47>
6. Обогащение хлебобулочных изделий пищевыми волокнами / Скорбина Е.А [и др.] // Пищевая индустрия. 2021. Вып. 1. С. 30-32.
7. Хмелева Е.В., Березина Н.А., Сатцаева И.К. Технология зернового хлеба из полбы // Известия Дагестанского ГАУ. 2022. № 4 (16). С. 321-329 https://doi.org/10.52671/26867591_2022_4_321
8. Курганова Е.В., Ишевский А.Л. Разработка технологии функциональных продуктов на основе пророщенного зерна // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 3. С. 114-122.
9. Касьянов Г.И. Перспективы обработки пищевого сырья электромагнитным полем низкой частоты // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 1 (337). С. 35-38.
10. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции // Официальный сайт Комиссии таможенного союза www.tsouz.ru, 15.12.2011
11. Лебедев Д.В., Рожков Е.А. Исследование эффективности озонирования куриных яиц // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67, № 4 (41). С. 75-82. <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-4-75-82>
12. Рязанов Н.Д. История создания электроимпульсного озонирования воды высоковольтными импульсами наносекундной длительности // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2020. № 4 (148). С. 30-35.
13. Ермаков Д.Б. Продуктивность ячменя в зависимости от приемов озонирования посевного материала // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 18-20.
14. Котельников С.Н. Основные механизмы взаимодействия озона с живыми системами и особенности проблемы приземного озона для России // Научный журнал Труды Института общей физики им. А.М. Прохорова. Т. 71. М.: Российская академия наук. 2015. С. 10-41.
15. Varga L., Szigeti J. Use of ozone in the dairy industry: a review // International Journal of Dairy Technology. 2016. Т. 69, № 2. С. 157-168. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12302>

16. Technologies for disinfection of food grains: advances and way forward / R. Sirohi [et al.] // Food Research International. 2021. T. 145. C. 110396. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110396>

REFERENCES

1. Agapkin A.M., Zolotova S.V. Nutritional value, quality assessment and assortment of grain bread // Economy and entrepreneurship. 2022. No. 1 (138). P. 1445-1448. <https://doi.org/10.34925/EIP.2022.138.1.289> [In Russ.]
2. Alekhina N.N. Influence of freezing methods on the quality of grain bread // Bread products. 2022. No. 11. P. 32-36. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2022-31-11-32-36> [In Russ.]
3. Nilova L.P. Current trends in the bakery industry // Trends in the development of modern society: managerial, legal, economic and social aspects: collection of scientific articles of the XI All-Russian scientific and practical conference (Kursk, September 23-24, 2021). Kursk: South-West State University, 2021. P. 180-183. [In Russ.]
4. Shakhrai T.A., Vorobyova O.V., Viktorova E.P. Main trends in the development of the functional bakery products market // New technologies. 2021. Issue 3. P. 51-58. [In Russ.]
5. Chugunova O.V., Pankratyeva N.A., Ponomarev A.S. Use of a complex grain additive in the technology of wheat bread with spontaneous fermentation sourdough // Bread products. 2023. No. 1. P. 43-47. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2023-32-1-43-47> [In Russ.]
6. Enrichment of bakery products with dietary fiber / Skorbina E.A [et al.] // Food industry. 2021. Issue. 1. P. 30-32. [In Russ.]
7. Khmeleva E.V., Berezina N.A., Satsaeva I.K. Technology of grain bread from eincorn // Bulletin of the Dagestan State Agrarian University. 2022. No. 4 (16). P. 321-329 https://doi.org/10.52671/26867591_2022_4_321 [In Russ.]
8. Kurganova E.V., Ishevsky A.L. Development of technology for functional products based on sprouted grain // Scientific journal of NRU ITMO. Series: Processes and equipment for food production. 2014. No. 3. P. 114-122. [In Russ.]
9. Kasyanov G.I. Prospects for processing food raw materials with a low-frequency electromagnetic field // News of higher educational institutions. Food technology. 2014. No. 1 (337). P. 35-38. [In Russ.]
10. Technical regulations of the Customs Union TR CU 021/2011 On the safety of food products // Official website of the Customs Union Commission www.tsouz.ru, 15.12.2011 [In Russ.]
11. Lebedev D.V., Rozhkov E.A. Investigation of the efficiency of ozonation of chicken eggs // Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2020. Vol. 67, No. 4 (41). P. 75-82. <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-4-75-82> [In Russ.]
12. Ryazanov N.D. History of the creation of electric pulse ozonation of water with high-voltage pulses of nanosecond duration // Water purification. Water treatment. Water supply. 2020. No. 4 (148). P. 30-35. [In Russ.]
13. Ermakov D.B. Barley productivity depending on seed ozonation techniques // Bulletin of youth science of the Altai State Agrarian University. 2018. No. 1. P. 18-20. [In Russ.]
14. Kotelnikov S.N. Main mechanisms of ozone interaction with living systems and features of the ground-level ozone problem for Russia // Scientific journal. Proceedings of the General Physics Institute named after A.M. Prokhorov. Vol. 71. Moscow: Russian Academy of Sciences. 2015. P. 10-41. [In Russ.]
15. Varga L., Szigeti J. Use of ozone in the dairy industry: a review // International Journal of Dairy Technology. 2016. Vol. 69, No. 2. P. 157-168. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12302>
16. Technologies for disinfection of food grains: advances and way forward / R. Sirohi [et al.] // Food Research International. 2021. Vol. 145. P. 110396. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110396>

Информация об авторах / Information about the authors

Сокол Наталья Викторовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица им. Калинина, дом 13. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>, e-mail: sokol_n.v@mail.ru

Санжаровская Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица им. Калинина, дом 13. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8403-7892>; e-mail: hramova-n@mail.ru

Агаева Динара Рахмановна, магистрант факультета пищевых производств и биотехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица им. Калинина, дом 13. e-mail: dinarahagaeva@yandex.ru

Natalia V. Sokol, Dr Sci. (Eng.), Professor, Professor, the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, Kalinin Street, Building 13. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>, e-mail: sokol_n.v@mail.ru

Nadezhda S. Sanzharovskaya, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, Kalinin Street, Building 13. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8403-7892>; e-mail: hramova-n@mail.ru

Dinara R. Agayeva, Master student, Faculty of Food Production and Biotechnology, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, Kalinin Street, Building 13. e-mail: dinarahagaeva@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов

Санжаровская Надежда Сергеевна, Агаева Динара Рахмановна – проведение эксперимента
Санжаровская Надежда Сергеевна – подбор литературных источников
Сокол Наталья Викторовна – оформление статьи по требованиям журнала
Сокол Наталья Викторовна – разработка методики исследования, валидация данных

Claimed contribution of the co-authors

Sanzharovskaya N.S., Agaeva D. R. – conducting the experiment
Sanzharovskaya N.S. – selection of literary sources
Sokol N.V. – article design according to the Journal requirements
Sokol N.V. – development of the research methodology, data validation

Поступила в редакцию 09.04.2025

Поступила после рецензирования 16.05.2025

Принята к публикации 19.05.2025

Received 09.04.2025

Revised 16.05.2025

Accepted 19.05.2025